การศึกษาการเก็บรักษาผลมังคุดโดยการดัดแปลงบรรยากาศ

Studies on Modified Atmosphere Storage of Mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn.)

มณฑาทิพย์ หิรัญสาลี

Montatip Hirunsalee

QK495.G87 ม33 2536 ค.2
032872
23 ก.ค. 2536

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Food Technology

Prince of Songkla University

2536

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาการเก็บรักษาผลมังคุดโดยการดัดแปลงบรรยากาศ

ผู้เขียน นางสาวมณฑาทิพย์ หิรัญสาลี

สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร

คณะกรรมการที่ปรึกษา	คณะกรรมการสอบ
.....ประธานกรรมการ	.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภณดร)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภณดร)
.....กรรมการ	.....กรรมการ
(ดร.ไพศาล วุฒิจำนงค์)	(ดร.ไพศาล วุฒิจำนงค์)
	.....กรรมการ
	(อาจารย์ อัญชลี ดิริโชติ)
	.....กรรมการ
	(รองศาสตราจารย์ มงคล แซ่หลิม)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

.....

(ดร.ไพรัตน์ สงวนไทร)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาการเก็บรักษาผลมังคุดโดยการดัดแปลงบรรยากาศ
ผู้เขียน นางสาวมณฑาทิพย์ หิรัญสาลี
สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร
ปีการศึกษา 2535

บทคัดย่อ

การศึกษาการเก็บรักษาผลมังคุดโดยการดัดแปลงบรรยากาศ ได้มีการคัดเลือกระดับสีผิวของผลมังคุดที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวเพื่อการเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศ ซึ่งประกอบด้วยมังคุดระดับสีที่ 1 (เริ่มมีจุดประสีชมพูในบางส่วนของผล) ระดับสีที่ 2 (มีจุดประสีชมพูกระจัดกระจายเกือบทั่วผล)และระดับสีที่ 3 (มีจุดประสีชมพูกระจัดกระจายสม่ำเสมอทั่วผล) บรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูก และสารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง พบว่า การใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูก และการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ให้ผลการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของมังคุดทั้ง 3 ระดับสีเหมือนกัน คือ สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิว ช่วยรักษาความสดของกลีบเลี้ยง ลดการสูญเสียน้ำหนัก ลดปริมาณผลเสีย และยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าการใช้กล่องกระดาษลูกฟูกโดยตรงที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง แต่การเก็บรักษาโดยใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูกและการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิห้อง มีผลให้เกิดการเน่าเสียได้เร็วกว่าการเก็บรักษาโดยใช้กล่องกระดาษลูกฟูกโดยตรง ซึ่งทำให้ผิวผลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือม่วงเข้ม กลีบเลี้ยงมีสีน้ำตาล และมีเส้นใยของเชื้อราขึ้นปกคลุมบริเวณขั้วผลและกลีบเลี้ยง

การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตและการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษาต่อการยืดอายุการเก็บรักษามังคุดโดยวิธีดัดแปลงบรรยากาศ พบว่า การใช้ปริมาณสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตแตกต่างกันให้ผลในการเปลี่ยนแปลงสีผิว ความสดของ

กลีบเลี้ยง การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณผลเสีย และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของมังคุดแต่ละระดับสีไม่แตกต่างกันทางสถิติ การลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษามีผลให้กลีบเลี้ยงของมังคุดมีความสดลดลงมากกว่าการไม่ลดอุณหภูมิ ทำให้ผลมังคุดเสียหายอันเนื่องมาจากความเย็นได้เร็วขึ้น และมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง

คุณภาพทางประสาทสัมผัสของมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา พบว่า มังคุดระดับสีที่ 3 มีแนวโน้มของการยอมรับสูงกว่ามังคุดระดับสีอื่น ๆ การเก็บรักษาโดยใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูก ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นานที่สุด คือ 5 สัปดาห์ และยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค สำหรับมังคุดระดับสีที่ 1 เมื่อนำมาเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศพบว่า ไม่สามารถพัฒนาสีผิวถึงระดับที่สามารถรับประทานได้ แต่เมื่อบ่มต่อด้วยก๊าซอะเซทิลีนที่อุณหภูมิห้องพบว่า สามารถสุกได้ในเวลา 7 วัน ทำให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงกว่าหลังการเก็บเกี่ยวแต่ยังต่ำกว่ามังคุดระดับสีที่ 2 และ 3 ส่วนของขั้วผลและกลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและมีเส้นใยของเชื้อราปกคลุมอยู่เล็กน้อย

องค์ประกอบทางเคมีของมังคุดทั้ง 3 ระดับสีหลังการเก็บเกี่ยวพบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน และหลังการเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด กรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกและน้ำตาลทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย ในขณะที่น้ำตาลรีดิวซ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น

Thesis title Studies on Modified Atmosphere Storage of Mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn.)

Author Miss Montatip Hirunsalee

Major program Food Technology

Academic year 1992

Abstract

Studies on modified atmosphere storage of mangosteen were carried out using three stages of maturity namely 1st stage (first appearance of pink spots), 2 nd stage (extensive distribution of pink spots) and 3 rd stage (uniform distribution of pink spots). The fruits from each stage were stored in cardboard box , cardboard box with polyethylene bag and cardboard box with polyethylene bag and ethylene absorbent at 10 °C and room temperatures. It was found that the application of cardboard box with polyethylene bag and cardboard box with polyethylene bag and ethylene absorbent at 10 °C resulted in the same physical appearances of all stages i.e.the delay in development of ripening (changing skin color), the maintenance of calyx freshness , the reduction of weight loss and spoilage for a longer storage period than the application of sole cardboard box. However, the application of cardboard box with polyethylene bag and cardboard box with polyethylene bag and ethylene absorbent at room temperature resulted in a faster degradation of fruit quality than those stored in sole cardboard box showing by outer skin of fruit and calyx turned brown or deep purple and some hyphae were observed at the pedicels and calyxs.

The effects of the concentration of potassium permanganate and precooling were also studied to extend the storage life of mangosteen by modified atmosphere storage. The results showed no significant difference in ripening development , calyx freshness, weight loss, spoilage and acceptability of each stage. However, precooling reduced calyx freshness and subsequently stimulated the fruit spoilage and reduced the storage life more than those without precooling.

Sensory evaluation of mangosteen after harvesting and storage showed that the 3rd stage of maturity tended to have a higher acceptability than other stages. Storage of the 3 rd stage in cardboard box with polyethylene bag and ethylene absorbent at 10 ^{o}C had the longest storage life of 5 weeks and was still acceptable. Storage of the 1 st stage in modified atmosphere showed no development of ripening upto acceptable quality. However, the ripening may be stimulated by acetylene gas at room temperature. The result showed that they could be riped in 7 days after treatment and had a higher acceptable quality than that obtained from fresh harvesting but the acceptable scores was lower than the 2 nd and the 3 rd stages after storage. The pedicels and calyxs of ripening fruits were covered with some hyphae.

The chemical composition of all stages after harvesting and storage were similar.Total soluble solid,total acidity as citric acid and total sugar content tended to slightly decrease whereas reducing sugar tended to slightly increase depending upon storage time.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภณดร ประธานกรรมการที่ปรึกษา และ ดร.ไพศาล วุฒิจำนงค์ กรรมการที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำในการค้นคว้าวิจัยและการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอขอบคุณอาจารย์อัญชลี ศิริโชติ กรรมการผู้แทนภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร รองศาสตราจารย์มงคล แซ่หลิม กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณมูลนิธิมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช ที่ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาและอำนวยความสะดวกในการเก็บเกี่ยวมังคุด รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล เหล่าสุวรรณ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำในการวิจัย เจ้าหน้าที่ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการศึกษาทดลอง ทีมงานเก็บเกี่ยวมังคุดทุกท่านที่ได้เสียสละทั้งเวลาและแรงกายในการช่วยเหลือครั้งนี้ และคุณธีระพงศ์ จันทรนิยม ที่ให้การช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ดีมาตลอด จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

และที่สำคัญที่สุดผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ด้วยความเคารพยิ่งและพี่ ๆ ที่ให้การสนับสนุนการศึกษาและเป็นกำลังใจสำคัญในการศึกษาครั้งนี้ และขอขอบคุณทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามในที่นี้ ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลืออยู่เบื้องหลังของความสำเร็จในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

มณฑาทิพย์ หิรัญสาลี

มิถุนายน 2536

สารบาญ

	หน้า
รายการตาราง	ช
รายการรูป	ฌ
บทนำ	1
การตรวจเอกสาร	3
ประโยชน์ของมังคุด	4
ดัชนีการเก็บเกี่ยวผลมังคุด	6
วิธีการเก็บเกี่ยวผลมังคุด	8
การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยว	9
ปัญหาของผลิตผลมังคุด	11
การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวมังคุดเพื่อการส่งออก	13
การยืดอายุการเก็บรักษาผลมังคุด	14
การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลมังคุดในระหว่างการเก็บรักษา	15
การเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศ	19
การบ่มผลไม้	35
วัตถุประสงค์	38
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	39
ผลการทดลองและวิจารณ์	52
บทสรุป	91
เอกสารอ้างอิง	93
ภาคผนวก	105
ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของมังคุด	105
ภาคผนวก ข. แบบทดสอบชิม Hedonic Rating Method	117
ภาคผนวก ค. ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติ	118

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบทางอาหารของมังคุดต่อ 100 กรัมของส่วนที่บริโภคได้	5
2	ดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุด	7
3	ผลการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาผลมังคุดโดยใช้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในระดับต่าง ๆ	16
4	คุณสมบัติการยอมให้ก๊าซและไอน้ำซึมผ่านได้ของฟิล์มที่ใช้เป็นภาชนะบรรจุผลไม้สด	25
5	คุณสมบัติของกล่องกระดาษลูกฟูกบรรจุมังคุด	27
6	ระดับการผลิตก๊าซเอทธิลีนของผลไม้ที่อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส	32
7	ชุดการทดลองทั้งหมดในการคัดเลือกระดับสีผิวของผลมังคุดที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวเพื่อการเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศ	44
8	ชุดการทดลองในการศึกษาผลของการลดอุณหภูมิและความเข้มข้นของสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลมังคุดโดยการดัดแปลงบรรยากาศ	49
9	ปริมาณผลเสียของมังคุดที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างกันที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง	61
10	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างกันที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง	70
11	คะแนนระดับสีผิวของผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตแตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	75

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	คะแนนความสดของกลีบเลี้ยงผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตแตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	76
13	การสูญเสียน้ำหนักของผลมังคุดที่เก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสารโปตัสเซียม-เปอร์มังกาเนตแตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	77
14	ปริมาณผลเสียของมังคุดที่เก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสารโปตัสเซียม-เปอร์มังกาเนตแตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	79
15	องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตแตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	87

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนระดับสีผิวผลมังคุดระหว่างการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างกันที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง	118
2	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความสดของกลีบเลี้ยงผลมังคุดระหว่างการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างกันที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง	119
3	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสูญเสียน้ำหนักของผลมังคุดระหว่างการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างกันที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง	120
4	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับด้านสีของเนื้อมังคุดระหว่างการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างกันที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง	121
5	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสของเนื้อมังคุดระหว่างการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างกันที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง	122
6	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อมังคุดระหว่างการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างกันที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง	123
7	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับด้านคุณลักษณะรวมของเนื้อมังคุดระหว่างการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างกันที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง	124

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
8	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนระดับสีผิวของผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ แตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	125
9	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความสดของกลีบเลี้ยงผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ แตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	126
10	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสูญเสียน้ำหนักของผลมังคุดระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ แตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	127
11	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณผลเสียของมังคุดระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ แตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	128
12	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับด้านสีของเนื้อมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ แตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	129
13	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสของเนื้อมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ แตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	131

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
14	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ แตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	133
15	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับด้านคุณลักษณะรวมของเนื้อมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ แตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	135

รายการรูป

รูปที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในระหว่างการเกิดบรรยากาศดัดแปลงแบบช้าและแบบเร็ว	20
2	รูปแบบการหายใจของผลิตผลสด	22
3	ระดับการทนทานของผักและผลไม้สดในสภาพเพิ่มบริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และลดบริมาณก๊าซออกซิเจนในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเย็นที่เหมาะสม	22
4	อัตราการหายใจ (A) และอัตราการผลิตก๊าซเอทธิลีน(B)ของผลมังคุดที่อุณหภูมิห้อง (□), 22 °ซ (△), 15 °ซ (○) และ 10 °ซ (⬡)	29
5	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการเก็บรักษาของผลิตผลสดเมื่อเก็บในบรรยากาศปกติและบรรยากาศดัดแปลงกับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา	31
6	ระดับสีผิว (วัย) ของมังคุดที่เก็บเกี่ยว	42
7	การเก็บรักษามังคุดโดยวิธีการดัดแปลงบรรยากาศ	42
8	ขั้นตอนการทดลองการคัดเลือกระดับสีผิวของผลมังคุดที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวเพื่อการเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศ	45
9	ขั้นตอนการทดลองผลของการลดอุณหภูมิและความเข้มข้นของสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลมังคุดโดยการดัดแปลงบรรยากาศ	50
10	คะแนนระดับสีผิวของผลมังคุดระดับสีที่ 1(A), ระดับสีที่ 2(B)และระดับสีที่ 3(C) หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ	53

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
11	การเปลี่ยนแปลงสีผิวและความสดของกลีบเลี้ยงผลมังคุดระดับสีที่ 1, 2 และ 3 หลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาโดยใช้กล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิห้อง (ชุดควบคุม) เป็นเวลา 1 และ 3 สัปดาห์	54
12	การเปลี่ยนแปลงสีผิวและความสดของกลีบเลี้ยงผลมังคุดระดับสีที่ 1, 2 และ 3 หลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาโดยใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูก (กล่อง+ถุง) และการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูก (กล่อง+ถุง+สารดูด C_2H_4) เป็นเวลา 5 สัปดาห์	55
13	คะแนนความสดของกลีบเลี้ยงผลมังคุดระดับสีที่ 1(A), ระดับสีที่ 2(B) และระดับสีที่ 3(C) หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ	57
14	การสูญเสียน้ำหนักของผลมังคุดระดับสีที่ 1(A), ระดับสีที่ 2(B) และระดับสีที่ 3(C) ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ	59
15	คะแนนการยอมรับด้านสีของเนื้อมังคุดระดับสีที่ 1(A), ระดับสีที่ 2(B) และระดับสีที่ 3(C) หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ	64
16	คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสของเนื้อมังคุดระดับสีที่ 1(A), ระดับสีที่ 2(B) และระดับสีที่ 3(C) หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ	65
17	คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อมังคุดระดับสีที่ 1(A), ระดับสีที่ 2(B) และระดับสีที่ 3(C) หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ	66

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
18	คะแนนการยอมรับด้านคุณลักษณะรวมของเนื้อมังคุดระดับสีที่ 1(A),ระดับสีที่ 2(B)และระดับสีที่ 3(C) หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ	67
19	การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลมังคุดระดับสีที่ 1 หลังการเก็บรักษาโดยการใช้สาร $KMnO_4$ ปริมาณ 4-8 กรัม/มังคุด 20 ผล ในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา(A) และไม่มีการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา(B) เป็นเวลา 4-6 สัปดาห์ และหลังการบ่มด้วยก๊าซอะเซทิลีนที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน (C)	81
20	คะแนนการยอมรับด้านสีของเนื้อมังคุดระดับสีที่ 1(A),ระดับสีที่ 2(B) และระดับสีที่ 3(C) หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ ระดับต่าง ๆ ในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	82
21	คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสของเนื้อมังคุดระดับสีที่ 1(A),ระดับสีที่ 2(B) และระดับสีที่ 3(C) หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ ระดับต่าง ๆ ในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	83
22	คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อมังคุดระดับสีที่ 1(A),ระดับสีที่ 2(B) และระดับสีที่ 3 (C) หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ ระดับต่าง ๆ ในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	84
23	คะแนนการยอมรับด้านคุณลักษณะรวมของเนื้อมังคุดระดับสีที่ 1(A),ระดับสีที่ 2(B) และระดับสีที่ 3(C) หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ ระดับต่าง ๆ ในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	85

บทนำ

มังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) เป็นไม้ผลเขตร้อนที่ได้รับความนิยมสูงชนิดหนึ่ง มีผลทรงกลมสีน้ำตาลแดงหรือสีม่วงเมื่อสุกเต็มที่ ภายในมีเนื้อสีขาวนวลแบ่งเป็น 4-6 กลีบ มีรสหวานอมเปรี้ยว หอมอร่อยชวนรับประทาน จึงได้รับการขนานนามว่า "ราชินีแห่งผลไม้" (ชาติชาย พฤกษ์รัตนกุล และคณะ, 2532; Martin, 1980) ในประเทศไทยพื้นที่ปลูกแหล่งใหญ่ที่สุดอยู่ในจังหวัดทางภาคใต้ ได้แก่ จังหวัดชุมพร และ นครศรีธรรมราช ส่วนภาคตะวันออกมีพื้นที่ปลูกรองลงมา ได้แก่ จังหวัดจันทบุรี และระยอง ส่วนที่เหลือกระจัดกระจายอยู่ตามภาคต่างๆ ของประเทศ แต่ไม่พบว่ามีการปลูกมังคุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2534)

ปัจจุบันมังคุดเป็นที่รู้จักของชาวต่างประเทศมากขึ้น มีการส่งออกทั้งในรูปผลสดและแช่เยือกแข็ง ซึ่งในปี 2534 ประเทศไทยส่งออกมังคุดสดปริมาณ 353 เมตริกตัน เป็นมูลค่า 5.3 ล้านบาท และมังคุดแช่เยือกแข็งปริมาณ 372 เมตริกตัน เป็นมูลค่า 26 ล้านบาท (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, 2535) โดยมีตลาดที่สำคัญ ได้แก่ อังกฤษ เยอรมันตะวันตก เนเธอร์แลนด์ สวิสเซอร์แลนด์ ไต้หวัน ญี่ปุ่น และฮ่องกง ทำให้การส่งออกมังคุดมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ (ชาติชาย พฤกษ์รัตนกุล และคณะ, 2532) แต่สภาพการผลิตในปัจจุบันยังพบปัญหาในด้านคุณภาพของผลและปริมาณที่ผลิตได้ ซึ่งปริมาณผลผลิตที่มีคุณภาพดีพบว่ามีเพียงร้อยละ 55 เท่านั้น (เกียรติ ลีละเศรษฐกุล และดารา พวงสุวรรณ,2530) จึงควรเร่งรัดพัฒนาตลอดจนค้นคว้าวิจัย เพื่อสนับสนุนการผลิตเพื่อการส่งออกทั้งด้านปริมาณและคุณภาพให้เป็นไปตามความต้องการของตลาด (ธนาคารกสิกรไทย, 2531)

สำหรับการส่งออกมังคุดสดไปจำหน่ายต่างประเทศที่ห่างไกล มักใช้การขนส่งทางเครื่องบิน ซึ่งใช้ระยะเวลาสั้นแต่เสียค่าใช้จ่ายสูง หากสามารถขนส่งทางเรือได้ก็จะช่วยลดค่าใช้จ่ายลงได้มาก แต่ยังมีปัญหาที่ผลมังคุดสดมีอายุการเก็บรักษาสั้น เนื่องจากผลมังคุดมีการเปลี่ยนแปลงสภาพและสีผิวเร็วมากเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เช่น มังคุดที่มีสีแดงเข้มถึงสีดำหากเก็บไว้ 1-2 วัน ก็จะเริ่มมีอาการเปลือกแข็งและเนื้อภายในเน่าเสียและเก็บรักษาได้ไม่เกิน 1 สัปดาห์ อีกทั้งถูกกระทบกระเทือนในระหว่างการลำเลียงขนส่งอาจทำให้คุณภาพไม่เป็นที่

ยอมรับของผู้บริโภค (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2527; กรมวิชาการเกษตร, 2528) ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับเทคโนโลยีการเก็บเกี่ยว และหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม เพื่อหาแนวทางยืดอายุการเก็บรักษาผลมังคุดให้ได้ยาวนานและมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศก็เป็นอีกแนวทางหนึ่ง ที่จะช่วยเสริมประสิทธิภาพของการเก็บรักษาผลมังคุดให้มีอายุการเก็บที่ยาวนานขึ้น เพื่อให้สามารถขนส่งทางเรือได้ในอนาคต ซึ่งจะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการขนส่งมังคุด ทำให้สามารถส่งออกได้มากขึ้น

การตรวจเอกสาร

มังคุด(mangosteen) มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Garcinia mangostana* Linn. จัดอยู่ในวงศ์ Guttiferae มีถิ่นกำเนิดในมาลายู เป็นพืชเศรษฐกิจที่เจริญเติบโตได้ดีในเขตอากาศร้อนชุ่มชื้น มีการปลูกอย่างกว้างขวางในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Martin,1980; Coronel,1983) ประเทศที่ปลูกกันมากได้แก่ มาเลเซีย อินโดนีเซีย ซึ่งเป็นคู่แข่งในการส่งออกที่สำคัญของไทย (ธนาคารกสิกรไทย, 2531)

มังคุดเป็นไม้ผลที่มีลำต้นขนาดกลางถึงใหญ่ ต้นที่โตเต็มที่สูง 10-25 เมตร ทรงต้นกลมใบหนาทึบสีเขียวแก่ยาว 6-8 นิ้ว เป็นไม้ผลที่เจริญเติบโตช้า อายุ 7-10 ปี จึงจะให้ผล ซึ่งขึ้นอยู่กับถิ่นที่ปลูกและความอุดมสมบูรณ์ของดิน ลักษณะของผลมังคุดเป็นแบบเบอร์รี่ มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3.5-7 เซนติเมตรหรือมากกว่า เปลือกหนา 0.8-1 เซนติเมตร มียางสีเหลือง เนื้อผลเป็นแบบ aril ที่เจริญมาจาก integument ภายในผลแบ่งเป็น 5-7 ช่อง ตามจำนวนไข่อ่อน แต่ละช่องมีเมล็ดภายในที่หุ้มด้วยเนื้อสีขาวอ่อนนุ่ม การเรียงตัวของกลีบคล้ายการเรียงตัวของกลีบส้ม ในแต่ละผลจะมีเมล็ดที่เจริญสมบูรณ์ 1-3 เมล็ดที่เหลือมักลีบไป มีค่าเฉลี่ยเมล็ดที่สมบูรณ์ประมาณ 1.6 เมล็ดต่อผล ผลหนึ่ง ๆ มีเนื้อที่รับประทานได้ร้อยละ 25-30 (หลวงบุเรศบำรุงการ, 2518 ; ทวีศักดิ์ วัฒนกูล, 2532; Bailey, 1953; Coronel,1983)

สำหรับการปลูกมังคุดในประเทศไทยในปี 2532 / 2533 มีพื้นที่ปลูกมังคุดรวม 138,362 ไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 1,191 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ผลผลิตรวม 90,119 เมตริกตัน โดยภาคใต้มีพื้นที่ปลูกมากที่สุดของประเทศ คือมีพื้นที่ปลูกรวม 94,320 ไร่ (ร้อยละ 68.17 ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ) และให้ผลผลิตรวม 48,414 เมตริกตัน(ร้อยละ 53.72 ของผลผลิตรวมทั้งประเทศ) ซึ่งจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด ได้แก่ ชุมพร รองลงมา คือ นครศรีธรรมราช สำหรับภาคตะวันออกมีการปลูกมังคุดรองจากภาคใต้ คือมีพื้นที่ปลูกรวม 43,176 ไร่ (ร้อยละ 31.20 ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ) ให้ผลผลิตรวม 41,121 เมตริกตัน (ร้อยละ 45.63 ของผลผลิตรวมทั้งประเทศ) ซึ่งจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมากในภาคนี้ได้แก่ จันทบุรีและระยอง ส่วนภาคอื่น ๆ มีการปลูกกันบ้างเล็กน้อยแต่ไม่พบว่ามีการปลูกมังคุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กรม-

ส่งเสริมการเกษตร, 2534)

พันธุ์ของมังคุดที่ใช้ปลูกในประเทศไทยนั้นพบว่ามีเพียงสายพันธุ์เดียวคือพันธุ์พื้นเมือง เนื่องจากเมล็ดของมังคุดไม่ได้มาจากการผสมเกสร แต่มาจากเนื้อเยื่อของไข่อ่อนจากชั้นที่เรียกว่า นิวเซลลัส (nucellus) จึงเป็นลักษณะพิเศษของมังคุดที่ปลูกโดยใช้เมล็ดแต่ไม่มีความแปรปรวนทางด้านพันธุกรรมในสปีชีส์ (species) อย่างไรก็ตามการขยายพันธุ์ด้วยการใช้เมล็ดยังมีข้อเสียคือ ต้องใช้เวลาหลายปีจึงจะให้ผล ปัจจุบันจึงมีการแก้ไขปัญหานี้โดยการขยายพันธุ์ด้วยวิธีอื่น ๆ เช่น การตอนกิ่ง การเสียบยอด การทาบกิ่ง เป็นต้น ซึ่งจะย่นระยะเวลาในการให้ผล (ทวีศักดิ์ วัฒนกูล, 2532; นิวัฒน์ พรหมแพทย์, 2533) จากการที่แหล่งปลูกมังคุดของประเทศไทยกระจายอยู่ในระดับเส้นรุ้งที่แตกต่างกัน ทำให้การติดดอกออกผลของมังคุดแตกต่างกัน มังคุดทางภาคตะวันออกจะเก็บผลได้ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม - กรกฎาคม ส่วนทางภาคใต้จะเก็บผลได้ตั้งแต่เดือนสิงหาคม - ตุลาคม จึงทำให้ช่วงของการจำหน่ายมังคุดยาวนานถึง 6 เดือน (นิวัฒน์ พรหมแพทย์, 2533)

<u>ประโยชน์ของมังคุด</u>

มังคุดมีรสหวานอมเปรี้ยว เนื้อมีกลิ่นหอมเฉพาะตัว เนื่องจากมีองค์ประกอบของสารระเหยที่ให้กลิ่นรส ซึ่งได้แก่ hexyl acetate,cis-hex-3-enyl acetate และ cis-hex-en-1-ol ซึ่งมีอยู่ประมาณ 3 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมมังคุดสด (MacLeod and Pieris, 1982) มีสารคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ในปริมาณสูง โดยมากอยู่ในรูปของน้ำตาลซึ่งมีของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 19.8 องศาบริกซ์ น้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 4.3 น้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 17.5 โดยมีน้ำตาลหลักคือ ฟรักโตส กลูโคส และซูโครส มีความชื้นสูง แต่มีเกลือแร่และวิตามินต่ำ (ตารางที่ 1) องค์ประกอบทางเคมีเหล่านี้จะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และภูมิอากาศที่ปลูก (Kawamata, 1977; Martin, 1980; Coronel, 1983)

มังคุดนอกจากเหมาะสำหรับบริโภคสดแล้วยังสามารถนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ได้แก่ มังคุดแช่เยือกแข็ง มังคุดกระป๋อง และมังคุดกวน สำหรับมังคุดกระป๋องนั้นจะใช้มังคุดที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักผลประมาณ 40 กรัมต่อผล บรรจุในน้ำเชื่อมเข้มข้น 18-22 องศาบริกซ์ เป็นการผลิตเพื่อการส่งออก (ทวีศักดิ์ วัฒนกูล, 2532) เนื้อและเมล็ดมังคุดมีการนำมา

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางอาหารของมังคุดต่อ 100 กรัมของส่วนที่บริโภคได้

องค์ประกอบ	ปริมาณ
ส่วนที่บริโภคได้ (ร้อยละ)	26.0
ความชื้น (กรัม)	79.7
พลังงาน (แคลอรี่)	76.0
โปรตีน (กรัม)	0.7
ไขมัน (กรัม)	0.8
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (กรัม)	18.6
สารเยื่อใย (กรัม)	1.3
เถ้า (กรัม)	0.2
แคลเซี่ยม (มิลลิกรัม)	18.0
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	11.0
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.3
ไทอะมีน (มิลลิกรัม)	0.06
ไรโบฟลาวิน (มิลลิกรัม)	0.01
ไนอะซีน (มิลลิกรัม)	0.4
กรดแอสคอบิก (มิลลิกรัม)	2.0

ที่มา : Intengan และคณะ (1968)

เชื่อมด้วยน้ำตาลเพื่อไว้ราดหน้าไอศกรีมหรือเชอร์เบต โดยเฉพาะส่วนของเมล็ดจะให้กลิ่นหอมถั่วนัต (nutty flavour) (Ochse, *et al.*, 1961) ส่วนของเปลือกมังคุดมีสารแทนนินในปริมาณสูง เป็นแหล่งสีที่มีราคาถูก จึงสามารถผลิตเป็นสีทางการค้าได้ วรรณา ตุลยธัญ และคณะ (2532) ได้ศึกษาการสกัดแอนโธไซยานินจากเปลือกมังคุด โดยพบว่าเม็ดสีส่วนใหญ่เป็น

พวก cyanidin-3-sophoroside นอกจากนี้เปลือกมังคุดยังมีประโยชน์อื่น ๆ อีกเช่นเป็นยาสมุนไพรพื้นบ้านบรรเทาอาการท้องเสียหรือบิด หรือนำมาสกัดสารเพื่อผลิตเป็นเครื่องสำอางค์ สบู่ โลชั่น และผลิตเป็นยารักษาบาดแผลแก้อักเสบและระงับการเจริญเติบโตของเชื้อโรคบางชนิดได้ (โชค บุญทรง, 2532; ทวีศักดิ์ วัฒนกูล, 2532)

<u>ดัชนีการเก็บเกี่ยวผลมังคุด</u>

การเจริญเติบโตของผลมังคุดหลังจากติดผลจนกระทั่งผลแก่จะใช้เวลาประมาณ 11-12 สัปดาห์ ซึ่งในสัปดาห์ที่ 12 ผลมังคุดจะมีการเปลี่ยนสีเปลือก โดยในระยะแรกจะเกิดจุดประสีม่วงแดงกระจายอยู่บนผิวเปลือกสีตองอ่อน(เริ่มเป็นสายเลือด) จากนั้นสีม่วงแดงจะเพิ่มจำนวนมากขึ้นหรือขยายขนาดใหญ่ขึ้นจนกระทั่งผลสุกงอม สีเปลือกผลมังคุดจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงดำและยางที่เปลือกจะลดลง ระยะเวลาที่ผลมังคุดเริ่มเปลี่ยนสีจนสุกเต็มที่ใช้เวลา 7 วัน สำหรับการเก็บเกี่ยวจะเริ่มเก็บได้ตั้งแต่เปลือกเริ่มเปลี่ยนสี ซึ่ง กวิศน์ วานิชกุล (2522)ได้ศึกษาทดลองพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณกรดของเนื้อมังคุดที่เก็บเกี่ยวในแต่ละช่วงของการเปลี่ยนสีผิวไม่มีความแตกต่างกัน แต่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปลือกมีสีเข้มขึ้นในขณะที่ปริมาณกรดมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย และพบว่าผลมังคุดที่เปลือกเริ่มเปลี่ยนสีแล้ว 2 วัน จะเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวที่ดีที่สุด โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 18.4-19.6 องศาบริกซ์ การเก็บเกี่ยวในระยะเปลือกเริ่มเปลี่ยนสีจะช่วยลดความเสียหายอันเนื่องจากการเก็บเกี่ยว การขนส่ง และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาออกไปยาวนานกว่าการเก็บเกี่ยวผลที่สุกเต็มที่ เนื่องจากขณะที่เปลือกเริ่มเปลี่ยนสีนั้นเปลือกยังแข็งอยู่และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลในเปลือกมาก ซึ่งช่วยต้านทานการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ได้เป็นอย่างดี (Goodman, *et al.*, 1967)

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2529) ได้แบ่งระดับสีผิวมังคุดออกเป็น 7 ระดับ รวมถึงการเก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุด

ระดับสีที่	ลักษณะสีผิว	ปริมาณยางในเปลือก	คุณภาพของผล
0	ขาวอมเหลืองสม่ำเสมอ หรือแต้มด้วยสีเขียวอ่อน	มาก	ไม่เหมาะต่อการเก็บเกี่ยว ได้ผลที่มีคุณภาพด้อยมาก
1	เหลืองอ่อนอมเขียว มีจุด-ประสีชมพูกระจัดกระจายอยู่ในบางส่วนของผล (เริ่มเป็นสายเลือด)	มาก	ไม่เหมาะต่อการเก็บเกี่ยว ได้ผลที่มีรสชาติไม่ดี
2	เหลืองอ่อนอมชมพู มีจุดประสีชมพูกระจัดกระจายเกือบทั่วผล	ปานกลาง	เป็นระยะอ่อนที่สุดสำหรับการเก็บเกี่ยวเพื่อให้ได้ผลที่มีคุณภาพดี
3	ชมพูสม่ำเสมอ จุดประสีชมพูขยายเข้ามารวมกันไม่แบ่งแยกชัดเจน	น้อย-น้อยมาก	เหมาะสำหรับเก็บเกี่ยวเพื่อส่งออกต่างประเทศ
4	แดงหรือน้ำตาลอมแดง	น้อยมาก-ไม่มี	เหมาะสมสำหรับเก็บเกี่ยวเพื่อส่งออกต่างประเทศ เป็นระยะเกือบรับประทานได้
5	ม่วงอมแดง	ไม่มี	เป็นระยะที่รับประทานได้
6	ม่วงถึงดำ	ไม่มี	เป็นระยะที่เหมาะแก่การรับประทาน

ที่มา : ดัดแปลงจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2529)

<u>วิธีการเก็บเกี่ยวผลมังคุด</u>

วิธีการเก็บเกี่ยวผลมังคุดเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากต่อคุณภาพของผลิตผล การเก็บเกี่ยวที่ไม่ถูกต้องหรือการใช้เครื่องมือที่ไม่เหมาะสมจะทำให้ผลมังคุดช้ำหรือเกิดการกระทบกระแทก ซึ่งมีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของผลิตผล เช่น ผลแตกร้าวหรือช้ำ การเกิดอาการเปลือกแข็งและมียางซึมในผลหรืออาการยางตกใน ทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง (ทวีศักดิ์ วัฒนกูล, 2532) แม้ว่าผลมังคุดมีเปลือกหนาที่ช่วยป้องกันเนื้อในที่อ่อนนุ่มไม่ให้เกิดความเสียหายระหว่างการขนส่ง แต่พบว่ามังคุดส่วนใหญ่เมื่อมาถึงมือผู้บริโภคจะเกิดความเสียหายทางกล สืบเนื่องมาจากวิธีการเก็บเกี่ยวที่ไม่ดีและขาดการระมัดระวัง (นิวัฒน์ พรหมแพทย์, 2533; Stanton and Howard, 1970) วัลลภา ธีรภาวะและคณะ (2529) ได้ศึกษาผลของวิธีการเก็บเกี่ยวที่มีต่อคุณภาพของผลมังคุดภายหลังเก็บรักษาไว้ 2 สัปดาห์ พบว่ามังคุดที่เก็บโดยวิธีสอยด้วยถุงผ้าโดยไม่ให้หล่นลงบนพื้นจะมีจำนวนผลเสียในระหว่างการเก็บรักษาน้อยกว่ามังคุดที่เก็บโดยวิธีให้หล่นลงบนพื้นถึง 3 เท่า เมื่อเก็บเกี่ยวในระยะที่เป็นสายเลือดและถ้าเก็บเกี่ยวมังคุดในระยะที่เป็นสีแดงแล้วจะมีผลเสียมากขึ้น โดยการเก็บโดยวิธีให้หล่นลงบนพื้นจะมีจำนวนผลเสียมากกว่าการเก็บด้วยวิธีการสอย 4-5 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากผลที่หล่นกระทบพื้นมีอัตราการหายใจและการผลิตก๊าซเอทธิลีนเพิ่มขึ้น (สมโภชน์ น้อยจินดา, 2535) Tongdee และSuwanagul (1989) ศึกษาความเสียหายทางกลของผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวพบว่าเปลือกชั้นนอกของผลจะเสียหายเล็กน้อยเมื่อตกจากความสูง 10 เซนติเมตร และจะเสียหายถึงเนื้อในถ้าตกจากความสูง 20 เซนติเมตรหรือมากกว่า แรงกดบนผล 3-4 กิโลกรัมทำให้ผลมังคุดเสียหายน้อยมากหรือไม่เสียหายเลย แต่แรงกด 5 กิโลกรัมหรือมากกว่า จะทำให้เปลือกชั้นนอกเสียหายและเสียหายมากขึ้นในผลที่แก่จัด จำนวนชั้นที่บรรจุมังคุดไม่มีผลที่จะก่อให้เกิดความเสียหายโดยตรง แต่มีผลทางอ้อมช่วยเสริมให้เกิดความเสียหายมากขึ้น การเก็บเกี่ยวผลมังคุดให้ได้คุณภาพดีนั้นหากผลใดมีการตกกระทบพื้นต้องแยกออกทันที เนื่องจากผลมังคุดเหล่านี้จะช้ำเกิดอาการเปลือกแข็งและเน่าเสียภายใน 1-2 วัน (B.B.Group Trading, 2533) นอกจากนี้ภาชนะที่เหมาะสมในการขนย้ายควรมีน้ำหนักบรรจุไม่เกิน 20 กิโลกรัม (ชาติชาย พฤกษ์รัตนกุล และคณะ,2532)

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยว

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยานั้นจะรวมถึงการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงทางเคมี

1. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

กวิศน์ วานิชกุล (2522) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงหลังเก็บเกี่ยวของผลมังคุดที่เก็บเกี่ยวในช่วงความแก่ต่างๆกัน และเก็บผลเหล่านี้ไว้ในอุณหภูมิเฉลี่ย 28.3 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) และความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 84.38 พบว่า

1.1 ผลมังคุดที่เก็บเกี่ยวเมื่อเปลือกเริ่มเป็นสายเลือดแล้ว 6-7 วัน เมื่อนำมาเก็บรักษาจะมีการเน่าเสียเร็วกว่าผลที่เก็บเกี่ยวในช่วงก่อนหน้านี้

1.2 ลักษณะภายนอกที่เปลี่ยนแปลงไปของผลมังคุดที่นำมาเก็บรักษา คือ อาการเหี่ยวของส่วนก้านผล กลีบเลี้ยง และเปลือก

1.3 ผลมังคุดที่เก็บรักษาไว้บางผลจะปรากฏอาการเปลือกแข็ง โดยระยะแรกจะเกิดที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของเปลือกแล้วขยายพื้นที่เพิ่มมากขึ้นตามเวลาที่เก็บรักษาจนกระทั่งครอบคลุมตลอดบริเวณผิวผล เนื่องจากมีการสูญเสียน้ำมากซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของเนื้อภายในคือเนื้อจะเสื่อมรับประทานไม่ได้ (อาชว์ เตาลานนท์, 2530)

นอกจากนี้กรมส่งเสริมการเกษตร (2527) และ สมภพ น้อยจินดา (2535) ยังพบว่า การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกมังคุดมีส่วนเกี่ยวข้องกับคุณภาพของมังคุด คือ ความแข็งของเปลือกและความแน่นของเนื้อจะลดลงเมื่อสีเปลือกเข้มขึ้น สีของเนื้อจะเปลี่ยนจากใสเป็นขาวขุ่น

2. การเปลี่ยนแปลงทางเคมี

ผลไม้สดหลังการเก็บเกี่ยวแล้วยังมีชีวิตอยู่ จึงมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยเฉพาะทางชีวเคมีเช่นเดียวกับขณะที่อยู่บนต้น ที่สำคัญเช่น การหายใจ ซึ่งเป็นผลให้เกิดการสูญเสียที่สำคัญเนื่องจากเป็นการเร่งให้เกิดการเสื่อมสลาย (senescence) ของผลิตผล สูญเสียคุณภาพและรสชาติโดยเฉพาะรสหวาน และเป็นการสูญเสียน้ำหนัก (สุรพงษ์ โกสิยะจินดา และสุมาลี ตันศิริยากุล, 2531) นอกจากการหายใจแล้วยังมีการผลิตก๊าซเอทธิลีนซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบการสุกของผลไม้เช่น การเปลี่ยนแปลงสี การอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรต การเปลี่ยนแปลงของกรดอินทรีย์ การเกิดกลิ่นและรสชาติ การสังเคราะห์โปรตีนหรือเอนไซม์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเหล่านี้มีผลต่อคุณภาพของผลไม้ทั้งดีขึ้นและลดลง (สายชล เกตุษา, 2528; Wills, *et al.*, 1981)

สุรพงษ์ โกสิยะจินดา (2531); Biale และ Young (1981) ได้จัดมังคุดอยู่ในกลุ่ม non-climacteric fruits เนื่องจากเมื่อเก็บเกี่ยวแล้วไม่ต้องบ่มให้สุก แต่จะเป็นการบ่มสีผิวเท่านั้นและจะเก็บเกี่ยวได้เมื่อผลแก่ (มีวัย)ได้ที่เสียก่อน เพราะการเก็บเกี่ยวเมื่อผลยังไม่ได้ที่ คุณภาพของผลจะไม่พัฒนาให้ดีขึ้น หรืออาจมีคุณภาพด้อยลงหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากมีอัตราการหายใจต่ำและอัตราการหายใจเกือบคงที่ภายหลังการเก็บเกี่ยว แต่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2531 ก); สมโภชน์ น้อยจินดา (2535) ได้จัดให้มังคุดอยู่ในกลุ่ม climacteric fruits เนื่องจากพบว่าหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วผลมังคุดมีอัตราการหายใจและผลิตก๊าซเอทธิลีนสูงขึ้นระหว่างกระบวนการสุกควบคู่ไปกับการเปลี่ยนสีผิวไปอยู่ในระยะที่รับประทานได้

สุรพงษ์ โกสิยะจินดา (2531) พบว่า ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มังคุดมีอัตราการหายใจโดยคายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 10.6 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง มีการคายความร้อน 2,405 บีทียูต่อตันต่อวันและมีการคายก๊าซเอทธิลีนออกมาในช่วงที่ผลิตสูงสุด 29.72 ไมโครลิตรต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมง ในขณะที่สมโภชน์ น้อยจินดา (2535) พบว่า ความเข้มข้นของก๊าซเอทธิลีนภายในผลมังคุดระดับสีผิวที่ 1-5 ในช่วงเก็บเกี่ยวมีค่า 1-27.5 ส่วนในล้านส่วน โดยความเข้มข้นของก๊าซเอทธิลีนภายในผลจะเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มของสีผิว และหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วพบว่า มังคุดแต่ละระดับสีมีการผลิตก๊าซเอทธิลีนเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงจุดสูงสุด คือ 14, 12.5, 15, 16 และ16 ไมโครลิตรต่อกิโลกรัมต่อชั่วโมงในมังคุดระดับสีที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ในวันที่ 5, 4, 4, 2 และ 3 หลังการเก็บเกี่ยว

สำหรับการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมีนั้น สมโภชน์ น้อยจินดา (2535) พบว่า ในช่วงเก็บเกี่ยวผลมังคุดที่มีระดับสีผิวเข้มขึ้นมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกัน แต่หลังจากเก็บเกี่ยวแล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและปริมาณกรดทั้งหมดของมังคุดทุกระดับสีผิวไม่มีความแตกต่างกัน ในขณะที่ กวิศน์ วานิชกุล (2522) พบว่า ผลมังคุดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องมี

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดค่อนข้างจะคงตัว แต่ปริมาณการมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย

<u>ปัญหาของผลิตผลมังคุด</u>

เนื่องจากลักษณะของผลมังคุดที่ผลิตได้ในปัจจุบันมีขนาดเล็กเกินไป ผิวของผลกร้าน มีร่องรอยการทำลายของแมลง เช่น เพลี้ยไฟและไรแดง ที่กลีบเลี้ยงมีแมลงเกาะอาศัยอยู่ เช่น มดดำ เพลี้ยแป้ง ทำให้ราคาต่ำ แต่ปัญหาที่พบมาก คือ เปลือกแข็ง ผิวของผลแตก มียางไหล เนื้อภายในผลช้ำ เป็นเนื้อแก้ว และเน่าเสีย ซึ่งผลที่มีคุณภาพดีจริง ๆ มีเพียงร้อยละ 55 เท่านั้น (เกียรติ ลีละเศรษฐกุล และดารา พวงสุวรรณ, 2530)

สำหรับอาการผิดปกติของผลมังคุดที่มีต่อการลดคุณภาพของผล ได้แก่

1. ยางไหลภายในผลหรือมียางแทรกอยู่บริเวณกลีบและไส้กลาง โดยที่ผิวภายนอกอาจจะมียางไหลหรือไม่ก็ตาม เมื่อผ่าดูจะพบว่ามีอาการยางไหลอยู่ภายในผลโดยอยู่ตรงกลางระหว่างกลีบผลเป็นยางสีเหลือง ซึ่งยังไม่ทราบสาเหตุแน่นอน

2. ยางไหลที่ผิว ยางไหลออกมาอยู่ที่ผิวผลเป็นจุด ๆ สันนิษฐานว่าในช่วงผลอ่อนผลมังคุดถูกทำลายโดยการดูดกินของไร เพลี้ยไฟ และถ้าระยะผลใกล้สุก สันนิษฐานว่าเป็นการทำลายของแมลงวันผลไม้ ซึ่งทำให้เกิดแผลแล้วมียางไหลออกมาด้วย

3. เปลือกแข็ง ผลที่เปลือกแข็งเมื่อผ่าดูข้างในเนื้อจะเสียเป็นส่วน ๆ หรือถ้าเป็นมากผลที่มีเปลือกแข็งนี้จะผ่าไม่ออก ผลที่เก็บไว้นานเกินไปจะมีเปลือกแข็งได้เช่นกัน

ปัจจุบันการเกิดเปลือกแข็งของมังคุดเป็นปัญหาที่พบมาก ซึ่งสาเหตุของการเกิดเปลือกแข็งพอสรุปได้ดังนี้

3.1 เกิดจากการขาดน้ำของผลมังคุดในช่วงที่มังคุดเริ่มติดผลและในช่วงที่มังคุดเริ่มแก่

3.2 เปลือกแข็งพบมากในต้นมังคุดที่มีอายุตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไป ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากประสิทธิภาพของการดูดธาตุอาหารและน้ำน้อยกว่าต้นมังคุดที่มีอายุน้อย

3.3 การที่ผลมังคุดถูกกระทบกระเทือนในขณะเก็บเกี่ยวทำให้เกิดเปลือกแข็งในจุดที่ถูกกระทบกระเทือน และเปลือกแข็งจะค่อยๆลุกลามไปทั้งผล ทั้งนี้รวมถึงผลที่หล่นกระทบพื้นดินเองด้วย

3.4 ปริมาณธาตุอาหารในดิน โดยเฉพาะแคลเซียมและโปตัสเซียมซึ่งเป็นส่วนสำคัญของเปลือกมังคุด ถ้ามีมากกว่าปกติอาจเป็นสาเหตุของการเกิดเปลือกแข็งได้

4. ผลบุบ เป็นลักษณะที่ผิวเปลือกของผลมังคุดด้านใดด้านหนึ่งบุบหรือยุบเข้าไปข้างในเป็นรอยบุ๋ม ซึ่งเกิดจากการสอยหล่นหรือจากการกระแทกกันในภาชนะบรรจุระหว่างการขนส่งที่ไม่ระมัดระวัง

5. เนื้อแก้ว เป็นอาการที่เนื้อมังคุดมีการเปลี่ยนสีจากขาวขุ่นไปเป็นขาวใสเป็นบางส่วนหรือเป็นทั้งผล สาเหตุอาจเกิดจากได้รับความกระทบกระเทือนหรือเกิดจากความไม่สมดุลของธาตุอาหาร (พิพัฒน์ เชี่ยงหลิว, 2530; ทรีศักดิ์ วัฒนกูล, 2532; นิวัฒน์ พรหมแพทย์, 2533)

สณฑรรศน์ นันทะไชย และคณะ (2532) ได้ศึกษาแนวทางการแยกมังคุดเป็นเนื้อแก้วออกจากมังคุดปกติโดยวิธีการจุ่มมังคุดลงในน้ำสะอาด พบว่า มังคุดที่ลอยน้ำจะมีผลที่เป็นปกติมากกว่าร้อยละ 70 ผลที่เป็นเนื้อแก้วอยู่ระหว่างร้อยละ 9-10 ในขณะที่มังคุดจมน้ำจะมีผลที่เป็นปกติอยู่ระหว่างร้อยละ 18-24 แต่ผลที่เป็นเนื้อแก้วสูงถึงร้อยละ 63 นอกจากเนื้อแก้วแล้วอาการยางไหลก็มีแนวโน้มว่าจะพบในผลมังคุดที่จมน้ำมากกว่าผลที่ลอยน้ำ

นอกจากนี้อาการของโรคที่เกิดจากเชื้อราก็เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลมังคุดเกิดการเน่าเสีย จากการศึกษาของ วัลลภา ธีรภาวะ (2530) เกี่ยวกับโรคที่เกิดจากเชื้อราพอสรุปได้ดังนี้

(1) ผลเน่าสีน้ำตาล เกิดจากเชื้อราเพสตาโรเตีย (*Pestalotia flagisettula*) พบว่าเชื้อนี้เป็นสาเหตุสำคัญที่สุดที่ทำให้ผลมังคุดเน่าเสีย สำหรับอาการเมื่อผ่าผลออกจะพบว่า เนื้อมังคุดบางกลีบเน่ายุบตัวลงเป็นรอยบุ๋ม เนื้อจะช้ำเป็นสีน้ำตาลพบเส้นใยของราสีขาวขึ้นรอบ ๆ แผลที่เน่า ถ้าเป็นมากเนื้อมังคุดจะเน่าทั้งผล เปลือกมังคุดจะแข็งเฉพาะส่วนที่เป็นโรคเท่านั้น แต่ถ้าเนื้อภายในเน่าเละทั้งผลเปลือกจะแข็งไปทั้งผลด้วย

(2) ผลเน่าสีเทาดำ เกิดจากเชื้อราโบทรายโอดิพโพลเดีย (*Botryodiplodia theobromae*) อาการจากเชื้อนี้จะทำให้เนื้อมังคุดเน่าเสียไปทั้งผล และจะพบเส้นใยของเชื้อราเป็นสีเทาดำขึ้นปกคลุมบนเนื้อที่เน่านั้น เปลือกผลมังคุดจะแข็งไปทั้งผล

(3) ผลเน่าจากเชื้อโฟมอพซีส เกิดจากเชื้อราโฟมอพซีส (*Phomopsis spp.*) พบน้อยกว่าผลเน่าจากเชื้อรา 2 ชนิดแรก อาการจากเชื้อนี้จะทำให้เนื้อผลเน่าและมีเส้นใยของเชื้อราสีขาวขึ้นปกคลุมบนเนื้อผลที่เน่า

(4) ผลเน่าอื่น ๆ มีเชื้อราอีก 2 ชนิดที่ทำให้ผลเน่าได้ คือ เชื้อฟูซาเรียม (*Fusarium spp.*) และเชื้อไรโซปัส (*Rhizopus spp.*) ทั้ง 2 เชื้อนี้พบเป็นครั้งคราวไม่มากนัก อาการที่พบคือทำให้เนื้อผลเน่าเละไปทั้งผลและมีเส้นใยสีขาว สีชมพู หรือสีดำของราขึ้นปกคลุมอยู่บนเนื้อผลนั้น

การป้องกันกำจัด

จากการทดลองพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช คือ ไทอะเบนดาโซล เบนโนมิล และไทโอฟาเนท มาธิล อย่างใดอย่างหนึ่งร่วมกับคาร์บาริล ในระยะแทงช่อดอก ช่วงติดผลอ่อน จนถึงช่วงก่อนเก็บเกี่ยว พบว่า ยังไม่สามารถลดการเน่าเสียของผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวได้เป็นที่น่าพอใจ แต่ลดอาการยางไหล และขี้กลากบนผลลงได้อย่างมาก

<u>การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวมังคุดเพื่อการส่งออก</u>

เกียรติ ลีละเศรษฐกุล และ ดารา พวงสุวรรณ (2530); ชาติชาย พฤกษ์รัตนกุล และคณะ (2532) ได้แนะนำวิธีการปฏิบัติเพื่อให้ได้มังคุดที่มีคุณภาพเพื่อการส่งออกในรูปมังคุดสด ดังนี้

1. คัดขนาดและคัดเลือกคุณภาพ ซึ่งคุณภาพของผลมังคุดที่ตลาดต้องการ คือ มีผลขนาดใหญ่ตั้งแต่ 100 กรัมขึ้นไป หรือประมาณ 8-10 ผลต่อกิโลกรัม ผิวของผลสะอาดไม่มีร่องรอยของการทำลายด้วยโรคและแมลง มีผิวนวลตามธรรมชาติ เปลือกของผลหนาปานกลาง ไม่แข็ง เนื้อภายในมีสีขาวน่ารับประทาน ไม่มียางไหลที่เปลือก ไม่มีอาการเนื้อแก้ว หรือเนื้อเน่าช้ำ

2. ล้างให้สะอาด แช่ในสารละลายเบนโนมิล(เบนเลท) อัตรา 1 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร หรือไธอาเบนดาโซล(ฟรอนโต 40) อัตรา 1.25 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร นานประมาณ 1-2 นาที แล้วผึ่งให้แห้ง ช่วยลดการเน่าเสียของผลมังคุดที่เกิดจากเชื้อราได้

3. เก็บรักษาไว้ในสภาพอุณหภูมิ 10-13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ

90-95 เพื่อรอจำหน่าย สำหรับภาชนะบรรจุนั้นขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้บริโภคแต่ควรระวังไม่ให้แน่นจนเกินไป และภาชนะบรรจุต้องมีความแข็งแรงพอที่จะรับน้ำหนักได้ และมีการระบายอากาศที่เหมาะสม

<u>การยืดอายุการเก็บรักษาผลมังคุด</u>

ผลมังคุดที่เปลือกเปลี่ยนเป็นสีดำแล้วหากเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องจะเก็บได้ไม่เกิน 7 วัน ก็เกิดการเน่าเสีย(กรมส่งเสริมการเกษตร, 2527; นิวัฒน์ พรหมแพทย์, 2533) จึงได้มีการศึกษาเพื่อหาแนวทางยืดอายุการเก็บรักษาผลมังคุด ซึ่งได้มีการทดลองเก็บรักษาด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

1. การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

อุณหภูมิต่ำจะช่วยลดอัตราการหายใจ อัตราการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ การสูญเสียวิตามิน การคายน้ำ และการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ สำหรับความชื้นสัมพัทธ์จะมีความสำคัญต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลไม้ (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527 ; สายชล เกตุษา, 2528) นอกจากนี้ เบญจมาส รัตนชินกร และคณะ (2527) รายงานว่า การลดอุณหภูมิก่อน (precooling) นอกจากจะเป็นการลดอุณหภูมิของผลไม้ภายหลังการเก็บเกี่ยวและก่อนการขนส่งระยะทางไกลหรือเก็บรักษาในห้องเย็นแล้ว ยังช่วยชะลอการสุกของผลไม้ ลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการขนส่ง และช่วยลดการทำงานของเครื่องทำความเย็นของรถห้องเย็นขณะขนส่งหรือของห้องเย็น และได้ทดลองลดอุณหภูมิของผลมังคุดโดยใช้น้ำเย็น พบว่า ระดับความสุกและอุณหภูมิเริ่มต้นของผลมังคุดที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิของผลไม้ลงครึ่งหนึ่งของอุณหภูมิเริ่มต้น (half cooling time) ในขณะที่ขนาดของผลมังคุดมีผลต่อเวลาในการลดอุณหภูมิ แต่อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการลดอุณหภูมินั้นจะทำให้เกิดอันตรายเนื่องจากอุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็ง (chilling injury) แก่ผลมังคุด ซึ่งอาการจะแสดงให้เห็นหลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน โดยมีลักษณะเป็นจุดสีน้ำตาลบริเวณกลีบเลี้ยงของมังคุด อนวัช สุวรรณกุล (2531) ได้แนะนำว่าเมื่อลดอุณหภูมิของผลไม้แล้วไม่ควรปล่อยให้ผลไม้ได้รับความร้อนเป็นเวลานาน เนื่องจากจะทำให้เกิดการกลั่นตัวของไอน้ำรอบ ๆ ผลไม้ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเน่าเสียขึ้นได้ในผลไม้บางชนิด สำหรับ

การศึกษาเกี่ยวกับการยืดอายุการเก็บรักษามังคุดด้วยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในระดับต่าง ๆ พอสรุปได้ดังตารางที่ 3

2. การควบคุมบรรยากาศและการดัดแปลงบรรยากาศ

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2531 ก) ได้ศึกษาการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวมังคุดในสภาพควบคุมบรรยากาศ พบว่า มังคุดที่เก็บไว้ในบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจนร้อยละ 5 ผสมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5-20 ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวได้ดีกว่าการใช้ก๊าซออกซิเจนหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพียงชนิดเดียว โดยเก็บได้นาน 1 เดือน และได้ทำการทดลองเก็บรักษาผลมังคุดในสภาพบรรยากาศดัดแปลงโดยใช้ฟิล์มโพลิเอทิลีนหนา 0.22 มิลลิเมตร และฟิล์มโพลิโพรพิลีนหนา 0.06 มิลลิเมตร หุ้มกล่องกระดาษลูกฟูกที่บรรจุมังคุดโดยดูดอากาศออก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส พบว่า การใช้ฟิล์มโพลิเอทิลีนหุ้มกล่องจะให้ผลการยอมรับ รสชาติ และ เนื้อสัมผัส สูงกว่าการใช้ฟิล์มโพลิโพรพิลีนเมื่อเก็บไว้นาน 28 วัน วัลลภา ธีรภาวะ และคณะ (2529) ได้ทดลองใช้ฟิล์มพีวีซีหุ้มถาดโฟมที่บรรจุผลมังคุด เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส พบว่า เก็บไว้ได้นานเกิน 1 สัปดาห์ การเคลือบผิวผลไม้ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งของการดัดแปลงบรรยากาศ ซึ่ง สณหรรศน์ นันทะไชย และคณะ (2530); เบญจมาส รัตนชินกร และคณะ (2533) ได้ทดลองเคลือบผิวผลมังคุดในระยะเริ่มเป็นสายเลือดด้วย Sta-fresh # 360 พบว่า สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของมังคุดได้ร้อยละ 30-40 ของชุดที่ไม่เคลือบผิวและยังทำให้มีสภาพภายนอกที่สดกว่า อีกทั้งเป็นการชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวได้ด้วย และจากการทดลองของ สมโภชน์ น้อยจินดา (2535) ที่มีการจุ่มผลมังคุดระดับสีผิวที่ 1 ในสารละลาย GA_3 100 ส่วนในล้านส่วน และเคลือบผิวด้วย Sta-fresh # 7055 เข้มข้นร้อยละ 10 แล้วบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกที่มีรูระบายอากาศภายในบุด้วยฟิล์มโพลิเอทิลีนหนา 0.04 มิลลิเมตร และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า สามารถเก็บรักษาได้นาน 30 วัน โดยยังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และยังช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักและชะลอการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ได้อีกด้วย

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาผลมังคุดโดยใช้อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในระดับต่างๆ

ระดับสีผิว	สภาวะของการเก็บรักษา			อายุการเก็บ (วัน)	ผลเสีย (ร้อยละ)	ที่มา
	อุณหภูมิ (°ซ)	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ภาชนะบรรจุ			
*	12.7	*	*	28	28	องค์อร วิรยศิริ และ สุมาลี พันธุ์พิพัฒน์ (2510)
*	2	*	ถุงพลาสติก ปิดสนิท	21	*	กองการค้นคว้าและทดลอง กรมกสิกรรม (2513)
3-6	7	*	*	30	*	ดวงพร สุนทรมงคล และ คณะ (2518)
*	10	85	ถุงพลาสติก	28	20	วัลลภา ธีรภาวะ และคณะ (2524)
6	>12	90-95	*	14	*	กรมส่งเสริมการเกษตร (2527)
1-3	12	*	ใช้ฟิล์มโพลิโพรพิลีน หุ้มกล่อง	28	37	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2531 ก)
			ใช้ฟิล์มโพลิเอทิลีน หุ้มกล่อง	28	75	
1-3	13	*	ถุงพลาสติก เจาะรู	28	*	สุรพงษ์ โกสิยะจินดา (2531)
*	1.75-5	*	*	42-49	*	Siddappa และ Bhatia (1954)
*	4-6	85-90	*	49	*	Srivasta และคณะ (1962)
*	4.5-7	80-90	*	30	38	Raman และคณะ (1971)
*	4.6	85-90	*	49	*	Martin (1980)
*	4,8	*	*	44	*	Augustin และ Azudin (1986)

* : ไม่ได้ระบุ

3. การใช้สารเคมี

สณหรรศน์ นันทะไชย และคณะ (2533 ก) ได้ศึกษาผลของเมทธิลโบรไมด์ต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพของมังคุด พบว่า เมทธิลโบรไมด์ไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักความสดของผล หรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเนื้อมังคุดเช่น ความเป็นกรดด่าง ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด กรด และวิตามินซี แต่มีผลทำให้การพัฒนาสีของเปลือกล่าช้าและผิดปกติไป คือทำให้สีเปลือกด้านและมีอาการเปลือกแข็งอีกด้วย

4. การใช้รังสี

สณหรรศน์ นันทะไชย และคณะ (2533 ข) ได้ทดลองเก็บรักษามังคุดโดยการใช้รังสีที่มีความเข้มข้น 0, 150, 300 และ 600 เกรย์ กับมังคุดในระยะสายเลือดและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่า การใช้รังสีที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักและคุณภาพทางเคมีของเนื้อมังคุด แต่จะช่วยชะลอการพัฒนาสีผิวมังคุดได้ ซึ่งเก็บรักษาได้ไม่เกิน 20 วันเนื่องจากเป็นโรค และถ้าเก็บไว้นาน 24-28 วันจะมีอาการเปลือกแข็งด้วย

<u>การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลมังคุดในระหว่างการเก็บรักษา</u>

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2531 ก) ได้ทดลองเก็บรักษาผลมังคุดสดโดยการควบคุมบรรยากาศ โดยใช้ก๊าซออกซิเจนร้อยละ 2, 5 และ 10 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 และเก็บที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส พบว่าไม่มีผลต่อคุณภาพทางเคมีของผลมังคุด ซึ่งได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรด แต่การควบคุมบรรยากาศมีแนวโน้มรักษาปริมาณกรดไว้ได้สูงกว่าการเก็บรักษาที่บรรยากาศปกติเล็กน้อย แต่เมื่อทดลองเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศซึ่งเป็นการใช้พิล์มโพลิเอทิลีน และโพลิโพรพิลีนหุ้มกล่องกระดาษลูกฟูกที่บรรจุผลมังคุด พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดลดลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษา Raman และคณะ (1971) รายงานว่าในการเก็บรักษามังคุดที่อุณหภูมิ 1.5-4.5 องศาเซลเซียส เก็บได้นาน 20-25 วัน จะเกิด chilling injury คือ เกิดอาการเปลือกแข็ง และเมื่อเก็บนานขึ้นจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดและน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณกรดทั้งหมดลดลงเล็กน้อย และการสูญเสียน้ำหนักที่อุณหภูมิห้องมีมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ Kawamata (1977) พบว่า มังคุด

ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง, 4 และ 8 องศาเซลเซียส มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ซึ่งปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในรูปของน้ำตาลฟรักโตส กลูโคสและซูโครส และเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นจะมีปริมาณน้ำตาลฟรักโตสและกลูโคสเพิ่มขึ้น ในขณะที่น้ำตาลซูโครสมีปริมาณลดลง ทำให้อัตราส่วนของน้ำตาลซูโครสต่อผลรวมของน้ำตาลฟรักโตสและกลูโคสลดลงอย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้เนื่องจากเกิดการย่อยสลายของน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งได้แก่ ฟรักโตสและกลูโคส Augustin และ Azudin (1986) รายงานว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษามังคุด คือ การเกิดเปลือกแข็งมีสีน้ำตาล เนื้อมีสีน้ำตาล และสูญเสียความสดของเนื้อสัมผัส ซึ่งพบมากขึ้นเมื่อเก็บไว้นานขึ้น และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง ในขณะที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสมีค่าคงที่ ส่วนปริมาณกรดลดลงเมื่อเก็บไว้นานขึ้น นอกจากนี้ สุรพงษ์ โกสิยะจินดา (2531) ก็พบว่า มังคุดที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส จะเกิด chilling injury ภายใน 3-4 วัน โดยกลีบเลี้ยงมีสีน้ำตาลซีดและเหี่ยว เปลือกผลเหี่ยวและมีสีน้ำตาลม่วงหมองคล้ำ เปลือกแข็ง เนื้อมีรสชาติผิดปกติ

การเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศ

1. ความหมายและวัตถุประสงค์ของการดัดแปลงบรรยากาศ

การเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศ หมายถึง การดัดแปลงองค์ประกอบของบรรยากาศรอบ ๆ ผลิตผลให้ต่างไปจากบรรยากาศปกติ (Smock, 1979) โดยการปล่อยให้มีการลดปริมาณก๊าซออกซิเจนและเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการหายใจของผลิตผลภายในภาชนะบรรจุที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางกีดขวางการแลกเปลี่ยนของก๊าซกับบรรยากาศภายนอก ซึ่งปริมาณก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกควบคุมโดยคุณสมบัติในการยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ของตัวกลาง (สายชล เกตุษา, 2528; Brecht, 1980)

จุดประสงค์หลักของการดัดแปลงบรรยากาศ คือ การลดอัตราการหายใจของผลิตผลให้ต่ำลง เนื่องจากการเสื่อมเสียของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวมาจากสาเหตุหลัก คือ การมีอัตราการหายใจสูง นอกจากนี้การดัดแปลงบรรยากาศยังเป็นการชะลอการเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดก๊าซเอทธิลีน สารระเหยอื่น ๆ น้ำและความร้อน มีผลทำให้ผลิตผลเสื่อมคุณภาพและอายุการเก็บรักษาสั้นลง ดังนั้นการดัดแปลงบรรยากาศจึงเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตผลให้ยาวนานขึ้น (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2531 ข ; Kader, 1986)

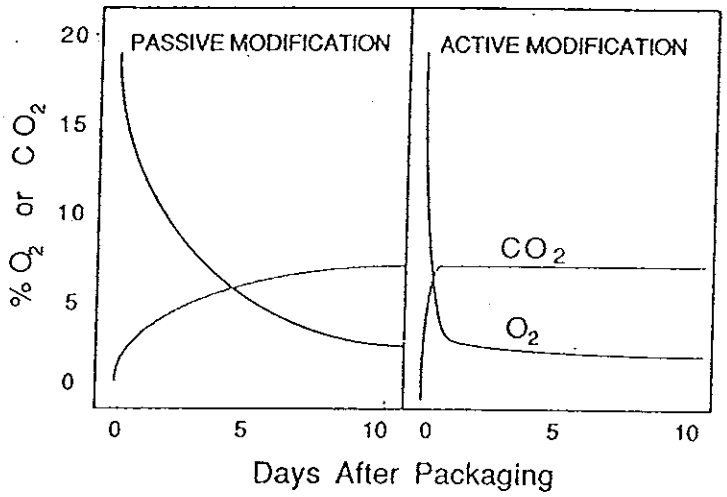
2. ประเภทของบรรยากาศดัดแปลง

การสร้างบรรยากาศดัดแปลง แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.1 <u>บรรยากาศดัดแปลงแบบช้า</u> (Passive modified atmosphere) เป็นการบรรจุผลิตผลในถุงพลาสติกที่ปิดสนิทโดยใช้ฟิล์มพลาสติกที่มีคุณสมบัติยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ในอัตราที่เหมาะสม เป็นการค่อยๆปรับสภาพบรรยากาศให้มีปริมาณของก๊าซออกซิเจนลดลงและปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเนื่องจากการหายใจของผลิตผล (Smith, *et al.*, 1987; Zagory and Kader, 1988; Floros, 1990) ดังรูปที่ 1 หากต้องการให้ได้บรรยากาศที่เหมาะสม ควรเลือกใช้ฟิล์มที่มีคุณสมบัติยอมให้ก๊าซออกซิเจนซึมผ่านเข้าไปได้ในอัตราเท่ากับก๊าซออกซิเจนที่ใช้ไป และยอมให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านออกไปในอัตรา

CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

เท่ากับที่ผลิตออกมาได้จากการหายใจ เพื่อป้องกันการเกิดสภาพขาดออกซิเจนหรือการเกิดอันตรายจากระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มากเกินไป (Zagory and Kader, 1988)



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอน-ไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนในระหว่างการเกิดบรรยากาศดัดแปลงแบบช้าและแบบเร็ว

ที่มา : Zagory และ Kader (1988)

2.2 <u>บรรยากาศดัดแปลงแบบเร็ว</u> (Active modified atmosphere) เป็นการปรับสภาพบรรยากาศโดยตรง โดยดูดอากาศออกเล็กน้อยแล้วแทนที่ด้วยอากาศผสม ซึ่งอากาศผสมนั้นสามารถปรับส่วนประกอบได้โดยการใส่สารดูดก๊าซชนิดต่างๆในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทเพื่อกำจัดก๊าซออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ หรือก๊าซเอทธิลีนส่วนเกินที่อาจเป็นอันตรายกับผลิตผลได้ เป็นวิธีที่ใช้ต้นทุนเพิ่มขึ้นกว่าวิธีแรก แต่ไม่ทำให้สภาพบรรยากาศมีการเปลี่ยนแปลงไปจากที่ต้องการมาก (Zagory and Kader, 1988; Floros, 1990) ดังรูปที่ 1

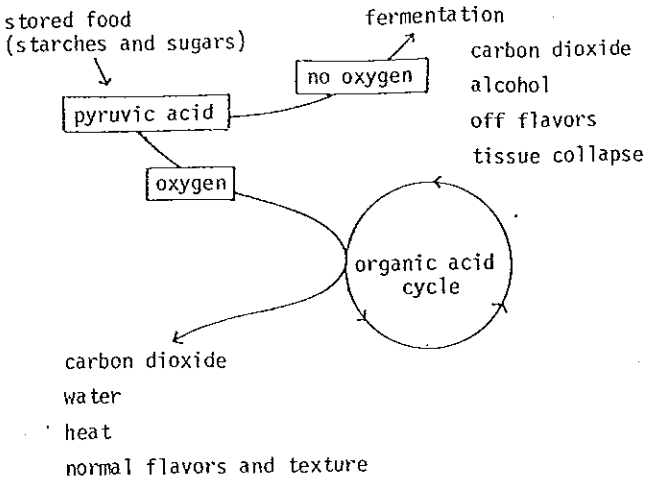
การดัดแปลงบรรยากาศสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเก็บผลิตผลในถุงพลาสติกปิดสนิท การใช้สารเคลือบผิว การใช้ฟิล์มพลาสติกหุ้ม หรือการเก็บรักษาในห้องเย็นที่ปิดสนิทเป็นต้น (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527; สายชล เกตุษา, 2528; Brecht, 1980)

032872

3. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตผลที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศ

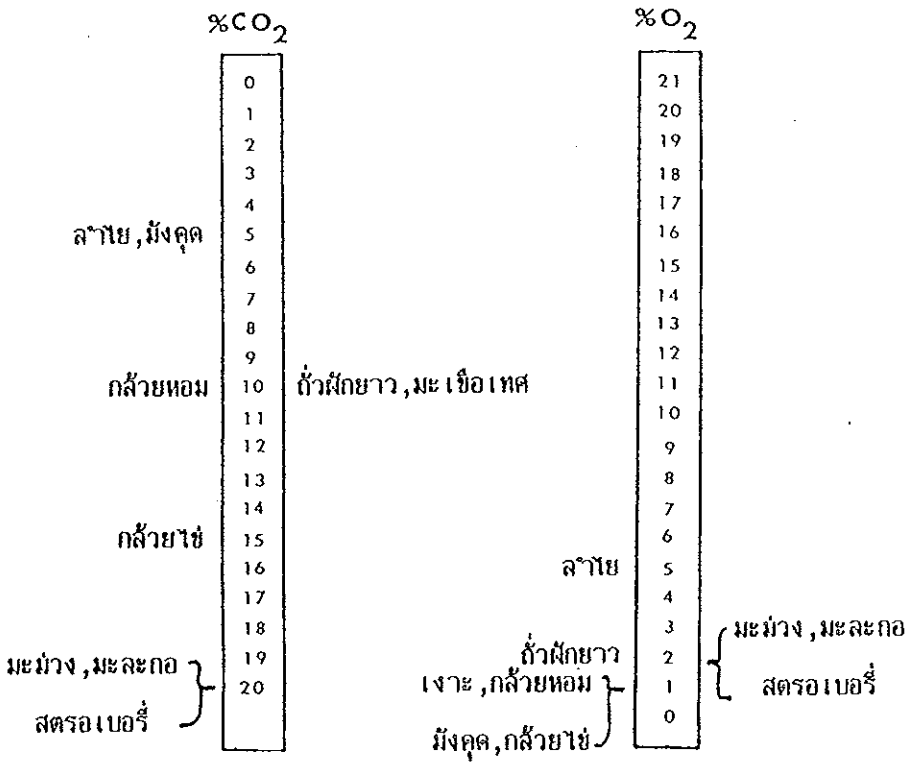
3.1 <u>ส่วนประกอบของบรรยากาศ</u> การลดปริมาณของก๊าซออกซิเจน หรือการเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศรอบ ๆ ผลิตผล มีผลทั้งการชะลอหรือเร่งการเน่าเสียของผลิตผล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตผล พันธุ์ ความบริบูรณ์ทางสรีรวิทยา ระดับของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บรักษา (อนวัช สุวรรณทุล, 2531) การลดปริมาณก๊าซออกซิเจน หรือเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถชะลอการสุกของผลไม้ ลดอัตราการหายใจ ลดอัตราการผลิตก๊าซเอทธิลีน ลดการตอบสนองของผลไม้ต่อก๊าซเอทธิลีน ซึ่งเป็นการป้องกันการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสุก ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสี การอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรต การเปลี่ยนแปลงของกรดอินทรีย์ และการสร้างกลิ่นรสต่าง ๆ (Wills, *et al.*, 1981; Kader, 1986) ซึ่งผลของการลดปริมาณก๊าซออกซิเจนและเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ออัตราการหายใจและการสุกของผลไม้ จะให้ผลดีกว่าการใช้ก๊าซชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงชนิดเดียว (Kader, *et al.*, 1988) อย่างไรก็ตาม หากมีการเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้น หรือลดปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำลงมากเกินกว่าระดับที่ผลิตผลนั้นทนได้ก็จะเป็นผลเสีย เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับสูงจะมีผลต่อการเกิดความเสียหายทางสรีรของผลิตผล (Zagory and Kader, 1988) เช่น ระดับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงกว่าร้อยละ 20 มีผลให้เกิดการสะสมของเอทานอลและอะเซตัลดีไฮด์ในเนื้อเยื่อพืช และอาจเกิดอันตรายจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 injury) ซึ่งจะมีผลให้ผลิตก๊าซเอทธิลีนเพิ่มขึ้นได้ (Kader, 1986) และหากมีปริมาณก๊าซออกซิเจนน้อยกว่าร้อยละ 1-3 จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการหายใจจากแบบที่มีการใช้ก๊าซออกซิเจนเป็นแบบไม่ใช้ก๊าซออกซิเจน ซึ่งจะได้กลิ่นรสที่ผิดปกติ (off flavour) เนื่องจากมีการสะสมของเอทานอลและอะเซตัลดีไฮด์ และเนื้อเยื่อถูกทำลาย (Mitchell, *et al.*, 1972 ; Kader, 1986 ; Zagory and Kader, 1988) ดังรูปที่ 2

สำหรับมังคุดสามารถทนปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปริมาณก๊าซออกซิเจนในระดับร้อยละ 5 และร้อยละ 1 ตามลำดับ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2531 ข) ดังรูปที่ 3 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่ง-



รูปที่ 2 รูปแบบการหายใจของผลิตผลสด

ที่มา : Mitchell และคณะ (1972)



รูปที่ 3 ระดับการทนทานของผักและผลไม้สดในสภาพเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และลดปริมาณก๊าซออกซิเจนในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเย็นที่เหมาะสม

ที่มา : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2531 ข)

ประเทศไทย (2531 ก)ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการเก็บรักษาผลมังคุดในบรรยากาศที่ประกอบด้วยก๊าซออกซิเจนที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 ควบคู่กับการเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับร้อยละ 5-20 พบว่า สามารถชะลอการพัฒนาสีผิวผลมังคุดและรักษาคุณภาพทางกายภาพของผลมังคุด ตลอดจนลดอัตราการเน่าเสียได้ดีกว่าการใช้บรรยากาศอื่น ๆ หรือการเก็บรักษาในบรรยากาศปกติ เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 4 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส

3.2 ภาชนะบรรจุ ภาชนะบรรจุนอกจากทำหน้าที่สำคัญพื้นฐาน 3 ประการ คือ รองรับผลไม้เพื่อให้สามารถขนถ่ายเป็นหน่วยเดียวกัน ป้องกันไม่ให้ผลไม้ได้รับอันตรายจากการขนถ่าย ขนส่ง และในการเก็บรักษา และเพื่อบอกรายละเอียดของผลไม้ที่บรรจุแล้ว ยังสามารถช่วยในการควบคุมสภาวะแวดล้อมได้ด้วย เช่น ป้องกันความชื้น และช่วยระบายอากาศ (อมรรัตน์ สวัสดิทัต, 2531) สำหรับภาชนะบรรจุที่ใช้ในการขนส่งมังคุดสดจะขึ้นอยู่กับความห่างไกลของตลาดซึ่งได้แก่ เข่งไม้ไผ่ขนาดเล็ก กล่องกระดาษลูกฟูก กล่องกระดาษลูกฟูกที่หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก ถาดโฟมที่หุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกแล้วบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2527; เกียรติ ลีละเศรษฐกุล และ ดารา พวงสุวรรณ, 2530; สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2531 ก) แต่ชนิดและคุณสมบัติของภาชนะบรรจุที่เกี่ยวข้องในการเก็บรักษาผลมังคุดโดยการดัดแปลงบรรยากาศมีดังนี้

- **ฟิล์มพลาสติก** เป็นภาชนะบรรจุที่สำคัญมากสำหรับการเก็บรักษาผลไม้โดยการดัดแปลงบรรยากาศ ซึ่งอาจใช้ในรูปการห่อหุ้มผลไม้โดยตรง หุ้มถาดโฟมที่บรรจุผลไม้ หุ้มกล่องกระดาษลูกฟูกที่บรรจุผลไม้ หรือเป็นถุงพลาสติกสำหรับใส่ผลไม้ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2531 ก; Myers, 1989) โดยฟิล์มพลาสติกจะทำหน้าที่เป็นสิ่งกีดขวางการแลกเปลี่ยนก๊าซและความชื้นในภาชนะบรรจุกับบรรยากาศภายนอก ทำให้สามารถควบคุมบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุที่อยู่รอบๆผลไม้ได้ และช่วยรักษาความชื้นภายในภาชนะบรรจุ มีผลให้ผลไม้มีความเต่งและสด แต่เนื่องจากคุณสมบัติของฟิล์มแต่ละชนิดที่ยอมให้ก๊าซและไอน้ำซึมผ่านได้ไม่เท่ากัน จึงต้องเลือกชนิดของฟิล์มให้เหมาะสมกับชนิดของผลไม้ (อมรรัตน์ สวัสดิทัต, 2531; Zagory and Kader, 1988)

แม้ว่ามีการผลิตพลาสติกออกมาหลายชนิดสำหรับใช้ทำเป็นภาชนะบรรจุ แต่ฟิล์มที่มีคุณสมบัติยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ในระดับที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาผลไม้โดยการดัดแปลงบรรยากาศยังมีน้อย เนื่องจากผลไม้ที่อยู่ในบรรยากาศที่ปิดสนิทนั้นจะมีการลดปริมาณของก๊าซออกซิเจนลงจากบรรยากาศปกติที่มีร้อยละ 21 มาเป็นร้อยละ 2-5 และมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศที่มีร้อยละ 0.03 มาเป็นร้อยละ 16 - 19 ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้ก๊าซออกซิเจนและปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจในอัตรา 1 ต่อ 1 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับนี้อาจเป็นอันตรายต่อผลไม้ได้(ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527; Zagory and Kader, 1988) ดังนั้นชนิดของฟิล์มพลาสติกที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาผลไม้โดยการดัดแปลงบรรยากาศควรมีคุณสมบัติในการยอมให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึมผ่านออกไปได้ 3-5 เท่าของการยอมให้ก๊าซออกซิเจนซึมผ่าน(Zagory and Kader,1988)

สำหรับคุณสมบัติในการยอมให้ก๊าซและไอน้ำซึมผ่านได้ของฟิล์มแต่ละชนิดที่ใช้กับผลไม้สด ดังแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งพบว่า ฟิล์มโพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำและฟิล์มพีวีซีเป็นฟิล์มที่นิยมใช้ในการบรรจุผลไม้เพื่อการดัดแปลงบรรยากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟิล์มโพลิ-เอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำมีการใช้กันมากที่สุด (มยุรี ภาคลำเจียก และ อมรรัตน์ สวัสดิทัต, 2533; Zagory and Kader, 1988) เนื่องจากมีคุณสมบัติในการยอมให้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึมผ่านได้ง่ายในระดับที่ไม่เกิดสภาวะการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนและไม่เกิดอันตรายจากการสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มากเกินไป เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มชนิดอื่น ๆ อีกทั้งยังยอมให้ไอน้ำซึมผ่านออกได้บ้างช่วยป้องกันการเกิดฝ้าไอน้ำจับที่ฟิล์ม และเนื่องจากฟิล์มชนิดนี้ทำให้ความชื้นที่เกิดขึ้นแพร่กระจายเข้าไปในเนื้อของฟิล์ม แทนที่จะเกิดหยดน้ำเกาะบนแผ่นฟิล์ม(New, 2526; Zagory and Kader, 1988) นอกจากนี้ฟิล์มโพลิเอทิลีนยังมีคุณสมบัตินิ่มและยืดหยุ่น มีความเหนียวสูง เหมาะสมที่จะใช้ในอุณหภูมิต่ำตั้งแต่ -40 ถึง 80 องศาเซลเซียส (มยุรี ภาคลำเจียก และอมรรัตน์ สวัสดิทัต, 2533) และการใช้ฟิล์มชนิดนี้ในการบรรจุผลไม้เพื่อการดัดแปลงบรรยากาศ มักจะใช้ในรูปของถุง (polyethylene bag) ที่มีความหนาตั้งแต่ 20-40 ไมครอน ในการเก็บรักษากล้วย (ดุษณี กู้กุลประสงค์ , 2527; Liu, 1970; Tongdee, 1972 ; Lizada, *et al.*, 1987) ผลทับทิม (สุนทร โปทา และคณะ, 2530) และมะม่วง (มาโนชญ์ กูลพฤกษี, 2534)

ตารางที่ 4 คุณสมบัติการยอมให้ก๊าซและไอน้ำซึมผ่านได้ของฟิล์มที่ใช้เป็นภาชนะบรรจุผลไม้สด

ชนิดพลาสติก	อัตราการซึมผ่านก๊าซ ก		อัตราการซึม ข
	คาร์บอนไดออกไซด์	ออกซิเจน	ผ่านไอน้ำ
โพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ(แอลดีพีอี)	7,700-77,000	3,900-13,000	15-20
โพลิไวนิลคลอไรด์(พีวีซี)	4,263- 8,138	620- 2,248	30-40
โพลิโพรพิลีน(พีพี)	7,700-21,000	1,300- 6,400	7-12
โพลิสไตรีน(พีเอส)	10,000-26,000	2,600- 7,700	70-150
ซาราน(พีวีดีซี)	52-150	8-26	*
โพลิเอสเทอร์	180-390	52-130	*

ก : ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 (ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อ 25 ไมครอนต่อตารางเมตรต่อวันต่อบรรยากาศ)

ข : ที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 (กรัมต่อ 25 ไมครอนต่อตารางเมตรต่อวัน)

* : ไม่มีข้อมูล

ที่มา : ดัดแปลงจาก Anon (1969); Briston (1980); Zagory และ Kader (1988)

สำหรับฟิล์มพีวีซีนั้นมีคุณสมบัติในการยอมให้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึมผ่านได้น้อยแต่ยอมให้ไอน้ำซึมผ่านได้มากกว่าฟิล์มโพลิเอทิลีน จึงไม่เหมาะต่อการเก็บรักษาผลไม้ที่มีอัตราการหายใจสูง ๆ และมีการสูญเสียน้ำหนักของผลไม้มากกว่า (มยุรี ภาคลำเจียก และอมรรัตน์ สวัสดิทัต, 2533) ลักษณะการใช้งานของฟิล์มพีวีซีมักใช้ในรูปหุ้มถาดโฟมที่บรรจุผลไม้ (วัลลภา ธีรภาวะ และคณะ, 2529)

ส่วนฟิล์มพลาสติกชนิดอื่น เช่น โพลิโพรพิลีนมีคุณสมบัติและการใช้งานได้ใกล้เคียงกับฟิล์มโพลิเอทิลีนแต่ไม่ทนต่ออุณหภูมิต่ำ ๆ เพราะจะกรอบและแตก ฟิล์มโพลิสไตรีนระบายอากาศได้ดีและไอน้ำซึมผ่านได้มาก มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของผลไม้ แต่ฟิล์มโพลิ-

เอสเทอร์และซารานยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้น้อย จึงเหมาะสำหรับผลไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำ ๆ เท่านั้น(มยุรี ภาคลำเจียก และอมรรัตน์ สวัสดิทัต, 2533 ; Zagory and Kader, 1988)

วัลลภา ธีรภาวะ (2529)ได้ทดลองใช้ฟิล์มพีวีซีหุ้มถาดโฟมที่บรรจุมังคุด พบว่าที่อุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส ให้ผลดีที่สุด สามารถเก็บรักษามังคุดไว้ได้นานกว่า 1 เดือน ส่วนสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2531 ก) ได้ทดลองใช้ฟิล์มโพลิ-เอทิลีนหนา 0.22 มิลลิเมตร และฟิล์มโพลิโพรพิลีนหนา 0.06 มิลลิเมตร หุ้มกล่องกระดาษ-ลูกฟูกที่บรรจุมังคุดขนาดน้ำหนัก 4 กิโลกรัม ดูดอากาศออกจนผิวตึง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส พบว่า มังคุดในกล่องที่หุ้มด้วยฟิล์มโพลิเอทิลีนมีรสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับสูงกว่ามังคุดในกล่องที่หุ้มด้วยฟิล์มโพลิโพรพิลีน เมื่อเก็บรักษาไว้นาน 28 วัน

- กล่องกระดาษลูกฟูก เป็นวัสดุที่เหมาะสมที่สุดในการใช้ร่วมกับฟิล์มพลาสติกที่เป็นวัสดุสำคัญในการเก็บรักษาผลไม้โดยการดัดแปลงบรรยากาศ โดยกล่องกระดาษลูกฟูกทำหน้าที่รองรับและคุ้มครองผลไม้ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศ-ไทย ,2531 ข) ดังนั้นกล่องกระดาษลูกฟูกจึงต้องมีความทนทานต่อการดูดซึมน้ำของกระดาษที่ใช้เป็นวัสดุ เนื่องจากผลไม้สดยังมีการคายน้ำ จึงเกิดความชื้นขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 80 - 100 ถ้ากระดาษที่ใช้ทำกล่องมีการดูดซึมน้ำมากจะทำให้ความทนทานของกล่องลดน้อยลง ดังนั้นกระดาษที่ใช้ทำผิวกล่องควรมีการดูดซึมน้ำต่ำกว่า 100 กรัมต่อตารางเมตร นอกจากนี้กล่องกระดาษลูกฟูกต้องมีความทนทานต่อการเรียงซ้อน การสั่น-สะเทือน และแรงกระแทกเนื่องจากการตก (อมรรัตน์ สวัสดิทัต, 2531)

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2531 ก) ได้ออกแบบกล่องกระดาษลูกฟูกที่ใช้บรรจุมังคุด โดยมีรูปแบบตัวกล่องและฝากล่องแยกจากกัน แต่เมื่อปิดฝากล่องแล้วฝากล่องจะสวมทับตัวกล่องพอดี มีขนาดมิติภายนอก ยาว x กว้าง x สูง เท่ากับ 400 x 300 x 120 มิลลิเมตร กล่องเป็นแบบ die-cut การขึ้นรูปกล่องเป็นแบบพับและอัดเข้าช่องพอดี มีช่องระบายอากาศที่ด้านยาวด้านละ 3 ช่อง และมีคุณสมบัติอื่น ๆ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คุณสมบัติของกล่องกระดาษลูกฟูกบรรจุมังคุด

คุณสมบัติ	กล่องบรรจุมังคุด
1. ชนิดแผ่นลูกฟูก	
-ฝากล่อง	170 WL / 185 B / 230 A
-ตัวกล่อง	230 A / 185 B / 230 A
2. ชนิดลอนลูกฟูก	B
3. ความหนาของแผ่นลูกฟูก , มม.	
-ฝากล่อง	3.01
-ตัวกล่อง	3.02
4. รูปแบบ	
-ฝากล่อง	0422
-ตัวกล่อง	0423
5. มิติภายนอก , มม.	400 x 300 x 120
6. มิติภายใน , มม.	374 x 277 x 114
7. ปริมาตร , ล.	11.80
8. น้ำหนักกล่อง , ก.	580
9. ช่องระบายอากาศ , ร้อยละ	1.07
10. การดูดซึมน้ำ 30 นาที , ก./ตร.ม.	86.50
11. การต้านแรงดันทะลุ , กิโลปาสกาล	
-ฝากล่อง	1243
-ตัวกล่อง	1736
12. การต้านแรงกดตามแนวตั้ง , กก.แรง/ซม.	
-ฝากล่อง	4.42
-ตัวกล่อง	5.81
13. การต้านแรงกดของกล่อง , กก.แรง	364*
กล่องยุบตัว , มม.	95*

* : ทดสอบที่อุณหภูมิ 20 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 90 ± 2

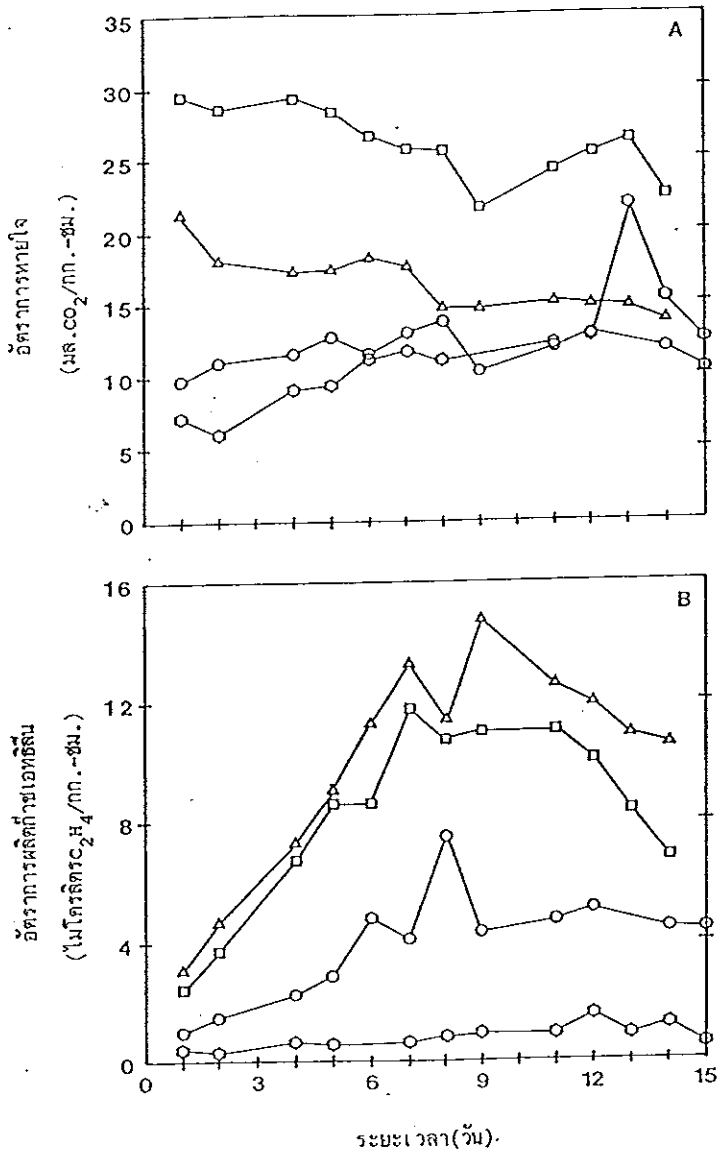
ที่มา : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2531 ก)

3.3 อุณหภูมิ การดำเนินชีวิตของผลิตผลเป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาซึ่งถูกควบคุมด้วยโมเลกุลของโปรตีนที่เรียกว่า "เอนไซม์" ซึ่งอุณหภูมิจะมีผลโดยตรงต่อการทำงานของเอนไซม์ อุณหภูมิที่ลดต่ำลงทุก ๆ 10 องศาเซลเซียส จะมีผลให้การทำงานของเอนไซม์ลดลง 2-3 เท่าตัว อุณหภูมิจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดต่อการเน่าเสียของผลิตผล นั่นคือมีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษา ซึ่งจะสามารถเก็บรักษาได้นานขึ้นหากเก็บรักษาในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำลง (อนวัช สุวรรณกุล, 2531; Wills, *et al.*, 1981; Zagory and Kader, 1988)

ดังนั้นการยืดอายุการเก็บรักษาผลไม้จะเป็นการใช้อุณหภูมิต่ำเป็นหลักเนื่องจากอุณหภูมิต่ำทำให้กระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสุกหรือการเสื่อมสลายของผลไม้ลดน้อยลงที่สำคัญเช่น กระบวนการหายใจ และกระบวนการผลิตก๊าซเอทธิลีน (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527; สายชล เกตุษา, 2528; Wills, *et al.*, 1981)

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2531 ก)ได้ทดลองเก็บรักษามังคุดในวัยเริ่มเป็นสายเลือดไว้ที่อุณหภูมิต่าง ๆ พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ๆ มีผลทำให้อัตราการหายใจและอัตราการผลิตก๊าซเอทธิลีนของมังคุดลดลง ดังรูปที่ 4 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามังคุดที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้องคือ 22 และ 15 องศาเซลเซียส สามารถลดอัตราการหายใจลงได้ประมาณ 1.5 และ 2.3 เท่า ของอัตราการหายใจที่อุณหภูมิห้องตามลำดับ ส่วนการเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส อัตราการหายใจมีแนวโน้มลดต่ำลงกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ยกเว้นในวันที่ 13 ของการเก็บรักษา ซึ่งคาดว่ามังคุดเกิดอาการ chilling injury ทำให้มีอัตราการหายใจที่ผิดปกติไป คือมีการเพิ่มอัตราการหายใจและเสื่อมสลายอย่างรวดเร็ว (Zagory and Kader,1988) สำหรับการผลิตก๊าซเอทธิลีนของผลมังคุดนั้น พบว่า มังคุดที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและ 22 องศาเซลเซียส มีอัตราการผลิตก๊าซเอทธิลีนในระดับใกล้เคียงกัน แต่การเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส และ 10 องศาเซลเซียส จะมีอัตราการผลิตก๊าซเอทธิลีนลดลงประมาณ 2 เท่าหรือมากกว่า

นอกจากนี้อุณหภูมิต่ำยังช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และลดการสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลด้วย แต่ต้องระวังไม่ให้อุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาต่ำจนเกินไป ซึ่งอาจเกิดอาการ chilling injury ได้ (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527; สายชล เกตุษา, 2528; สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2531 ข; Wills,*et al.*, 1981)



รูปที่ 4 อัตราการหายใจ (A) และอัตราการผลิตก๊าซเอทธิลีน (B) ของผลมังคุดที่อุณหภูมิห้อง (□), 22 °ซ(△), 15 °ซ(○) และ 10 °ซ(○)

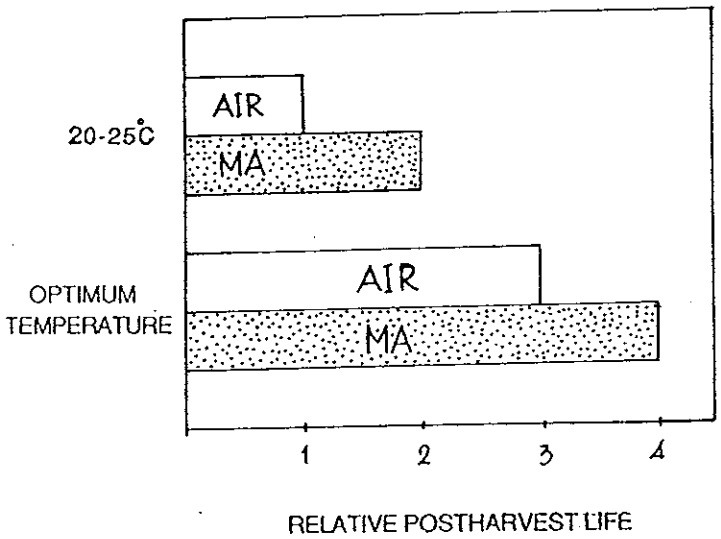
ที่มา : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2531 ก)

สำหรับมังคุดพบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส จะเกิดอาการ chilling injury ภายใน 3-4 วัน โดยพบกลีบเลี้ยงมีสีน้ำตาลซีดและเหี่ยว เปลือกผล

เหี่ยวสีน้ำตาลหมองคล้ำ เปลือกแข็ง เนื้อมีรสผิดปกติ (สุรพงษ์ โกสิยะจินดา , 2531) อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษามังคุด คือ 10 - 13 องศาเซลเซียส (วัลลภา ธีรภาวะ และคณะ, 2524; กรมส่งเสริมการเกษตร, 2527; สุรพงษ์ โกสิยะจินดา, 2531; ชาติชาย พฤกษ์รัตนกุล และคณะ, 2532)

สำหรับการเก็บรักษาผลิตผลโดยการดัดแปลงบรรยากาศ จำเป็นต้องใช้อุณหภูมิต่ำที่เหมาะสมจึงจะสามารถเก็บรักษาได้ยาวนาน เนื่องจากการดัดแปลงบรรยากาศเป็นการช่วยเสริมประสิทธิภาพการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ แต่ไม่สามารถใช้ทดแทนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ ดังรูปที่ 5 (สุรพงษ์ โกสิยะจินดา, 2531; Hardenburg, 1971; Zagory and Kader, 1988) นอกจากนี้บรรยากาศดัดแปลงที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะมีผลต่อความสามารถในการยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ของฟิล์มที่ใช้หุ้มหรือใช้เป็นภาชนะบรรจุ ซึ่งฟิล์มจะยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นโดยเฉพาะการยอมให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึมผ่านจะมีค่ามากกว่าการยอมให้ก๊าซออกซิเจนซึมผ่าน ดังนั้นฟิล์มที่เหมาะกับบรรยากาศดัดแปลงที่อุณหภูมิหนึ่งอาจไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ที่อีกอุณหภูมิหนึ่ง ฟิล์มที่ใช้จึงจำเป็นต้องมีความแข็งแรงและทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิด้วย (Zagory and Kader, 1988)

3.4 <u>ความชื้นสัมพัทธ์</u> อัตราการสูญเสียน้ำของผลิตผลสดขึ้นอยู่กับความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำของผลิตผลและบรรยากาศภายนอก (vapor pressure deficit) ซึ่งถูกควบคุมด้วยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ณ อุณหภูมิหนึ่ง ๆ อัตราการสูญเสียน้ำของผลิตผลจะเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ต่ำลง ในขณะเดียวกันที่ความชื้นสัมพัทธ์หนึ่ง ๆ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นการสูญเสียน้ำก็จะเพิ่มมากขึ้น (อนวัช สุวรรณกุล , 2531 ; Mitchell, *et al.*, 1972; Berg and Lentz, 1978) สำหรับการดัดแปลงบรรยากาศนั้นความชื้นสัมพัทธ์มีผลเพียงเล็กน้อยต่อความสามารถในการยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ของฟิล์มส่วนใหญ่ที่ใช้ทำภาชนะบรรจุถ้าหากไม่มีการควบแน่นเกิดขึ้น (Zagory and Kader, 1988) และโดยปกติฟิล์มส่วนใหญ่จะมีความทนทานต่อความชื้นหรือไอน้ำได้ดี (Kader, *et al.*, 1988) ทำให้ช่วยรักษาความชื้นภายในภาชนะบรรจุให้สูงได้แม้ว่าจะอยู่ในบรรยากาศปกติที่แห้ง (Zagory and Kader, 1988)



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการเก็บรักษาของผลิตผลสด เมื่อเก็บในบรรยากาศปกติและบรรยากาศดัดแปลง กับอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา

ที่มา : Zagory และ Kader (1988)

ในการเก็บรักษามังคุดนั้นควรมีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงร้อยละ 90 - 95 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2527; สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคใต้, 2530 ; ชาติชาย พฤกษ์รัตนกุล และคณะ, 2532)

3.5 <u>ก๊าซเอทธิลีน</u> เป็นฮอร์โมนพืชที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติช่วยเร่งให้เกิดการสุกแม้มีปริมาณเพียง 0.1 ส่วนในล้านส่วน ก็สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรได้ (สายชล เกตุษา, 2528; Kader, 1980) เช่น การอ่อนตัวของเนื้อเยื่อ การเปลี่ยนแปลงสี การเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาล การสูญเสียความเป็นกรด และการสร้างกลิ่นรสต่าง ๆ ทั้งที่ต้องการและไม่ต้องการ จึงเป็นการเร่งการสุกของผลไม้ในระหว่างการเก็บรักษาทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527; Kader, 1985; Watada, 1986)

แม้ว่าการเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศเป็นการเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และลดปริมาณก๊าซออกซิเจนซึ่งจะไปมีผลต่อการยับยั้งการสร้างก๊าซเอทธิลีน

และลดการตอบสนองของผลไม้ต่อก๊าซเอทธิลีนได้ (สายชล เกตุษา, 2528; Abeles, 1973) แต่ในผลไม้ที่มีอัตราการผลิตก๊าซเอทธิลีนสูง เช่น มังคุด หรือผลไม้อื่น ๆ ดังตารางที่ 6 ควรจะมีการกำจัดก๊าซเอทธิลีนออกจากบรรยากาศดัดแปลงด้วยเพื่อลดการสะสมของก๊าซเอทธิลีน เป็นการลดการนิ่มของผลไม้ลงได้ และยังเป็นการลดการผลิตสารระเหยต่าง ๆ เช่น เอทานอล อะเซตัลดีไฮด์ เอทธิลอะซีเตท เป็นต้น (Kader, 1980)

ตารางที่ 6 ระดับการผลิตก๊าซเอทธิลีนของผลไม้ที่อุณหภูมิ 20-22 องศาเซลเซียส

ระดับ	ปริมาณก๊าซเอทธิลีน (ไมโครลิตร/กก./ชม.)	ประเภทผลไม้
ต่ำ	0.1-1.0	สับปะรด เงาะ
ปานกลาง	1.0-10.0	กล้วย มะม่วง
สูง	10.0-100.0	มังคุด มะละกอ

ที่มา : ดัดแปลงจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2531 ข), Kader (1980)

วิธีการกำจัดก๊าซเอทธิลีนออกสามารถทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่เหมาะสมสำหรับบรรยากาศดัดแปลงที่เป็นถุงพลาสติกปิดสนิท คือ การใช้สารละลายอิ่มตัวของโปตัสเซียม-เปอร์มังกาเนต ($KMnO_4$) ซึ่งเป็นสารออกซิไดซ์ที่แรงโดยให้ยึดเกาะอยู่กับสารอนินทรีย์ที่เฉื่อยต่อปฏิกิริยาและมีลักษณะเป็นรูพรุน เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการยึดเกาะสารละลายโปตัสเซียมเปอร์-มังกาเนต ได้มาก ได้แก่ อลูมินา ซิลิกา เวอร์มิคิวไลท์ ไมก้า แต่ที่นิยมใช้มาก คือ แท่งเวอร์มิคิวไลท์ที่ผสมกับซีเมนต์หรือปูนขาว ซึ่งการกำจัดก๊าซเอทธิลีนด้วยวิธีนี้อาศัยหลักการใช้สารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตไปออกซิไดซ์ก๊าซเอทธิลีน ให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ดังสมการ

$$4C_2H_4 + 8KMnO_4 + 4H_2O + 6O_2 \longrightarrow 8CO_2 + 8MnO_2 + 4K_2O + 12H_2O$$

(ดัดแปลงจาก Lizada, 1984)

ซึ่งสังเกตได้จากสาร $KMnO_4$ เปลี่ยนจากสีม่วงแดงไปเป็นสีน้ำตาลดำของ MnO_2 เมื่อดูดซับก๊าซเอทธิลีนไว้ (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527; สายชล เกตุษา, 2528; Wills, *et al.*, 1981; Lizada, 1984 ; Kavanagh and Wade, 1987 ; Floros, 1990)

Wills และคณะ (1981) ได้ทดลองใช้สารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตร่วมกับถุงพลาสติกโพลิเอทธิลีนในการเก็บรักษากล้วยที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถเก็บได้นาน 21 วัน ในขณะที่การเก็บรักษาในบรรยากาศธรรมดาและการเก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทธิลีนปิดปากถุงสามารถเก็บรักษาได้เพียง 7 และ 14 วัน ตามลำดับ และยังสอดคล้องกับการทดลองของ ดุษณี กู้กุลประสงค์ (2527);Liu (1970); Tongdee (1972);Lizada และคณะ (1987) ที่ใช้สารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตร่วมกับการดัดแปลงบรรยากาศในการยืดอายุการเก็บรักษากล้วย พีรเดช ทองอำไพ (2529) ได้ใช้สารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตในอัตราประมาณ 2 กรัมต่อผลไม้ 1 กิโลกรัมในการเก็บรักษามะม่วงพันธุ์หนังกลางวันที่อุณหภูมิห้อง (28-34 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 9 วัน พบว่า มีการสุกเพียงร้อยละ 13.75 เท่านั้น ในขณะที่การเก็บรักษาแบบธรรมดามีการสุกถึงร้อยละ 40.6

4. ข้อดีและข้อเสียของการเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศ

4.1 ข้อดีของการเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศ

(1) ลดอัตราการหายใจ เนื่องจากการหายใจเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียต่าง ๆ ดังนั้นจึงเป็นการชะลอการเสื่อมเสียหรือช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลไม้ให้ยาวนานยิ่งขึ้น

(2) ลดอัตราการผลิตก๊าซเอทธิลีนและลดความเสียหายของผลไม้จากก๊าซเอทธิลีน เนื่องจากก๊าซออกซิเจนมีความจำเป็นต่อการสังเคราะห์ก๊าซเอทธิลีนในพืช ดังนั้นเมื่อลดปริมาณก๊าซออกซิเจนลงก็จะช่วยยับยั้งไม่ให้เกิดการสร้างก๊าซเอทธิลีน ขณะเดียวกันการเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้สูงขึ้น มีผลทำให้ความสามารถในการทำงานของก๊าซเอทธิลีนลดลง ดังนั้นการเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศจึงเป็นการช่วยชะลอการสุกของผลไม้ได้

(3) ลดอัตราการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดกระบวนการสุกหรือการเสื่อมคุณภาพของผลไม้ เช่น การเปลี่ยนแปลงสีผิว การรักษาความแน่นความกรอบของเนื้อสัมผัส ป้องกันการสูญเสียกลิ่นรสและคุณค่าทางอาหารโดยเฉพาะวิตามินซี

(4) ลดการคายน้ำ เนื่องจากการคายน้ำมีผลทำให้สูญเสียน้ำหนักของผลไม้ และยังเป็นการสูญเสียลักษณะปรากฏของผลไม้ด้วย เช่น การเหี่ยวย่น การสูญเสียความกรอบ หรือลดความฉ่ำน้ำลง ซึ่งการดัดแปลงบรรยากาศจะช่วยรักษาความชื้นสัมพัทธ์ในภาชนะบรรจุให้สูงพอที่จะไม่เกิดความแตกต่างของความดันไอน้ำระหว่างผลไม้และบรรยากาศภายนอกมากนัก

(5) ลดความเสียหายทางกายภาพ เนื่องจากการดัดแปลงบรรยากาศจะเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท เช่น ถุงพลาสติก ซึ่งเป็นการลดการกระทบกระเทือน หรือการเกิดบาดแผลของผลไม้ได้ และความเสียหายเหล่านี้นอกจากไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคแล้วยังเป็นการเร่งให้เกิดการสูญเสียน้ำ กระตุ้นให้มีการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเอทธิลีนเพิ่มมากขึ้น ส่งผลต่อการเร่งการเสื่อมคุณภาพของผลไม้

(6) ลดการทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคกับผลไม้ เนื่องจากการเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศช่วยชะลอการสุกและการเสื่อมสลายของผลไม้ ทำให้ผลไม้ทนต่อการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค นอกจากนี้การลดระดับความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนลงจะเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตหรือการงอกของสปอร์เชื้อราบางชนิดได้

(7) ลดความผิดปกติจากอาการ chilling injury

4.2 <u>ข้อเสียของการเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศ</u>

การเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศที่มีระดับก๊าซออกซิเจนต่ำเกินไปหรือมีระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกินไปก็จะเกิดผลเสียดังนี้

(1) การมีระดับก๊าซออกซิเจนต่ำเกินไปทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งจะมีผลต่อการเกิด off flavour เนื่องจากมีการสะสมของเอทานอล อะเซตัลดีไฮด์ เป็นต้น

(2) การมีระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกินกว่าระดับที่ผลไม้ทนได้ จะเกิดความเสียหายที่เรียกว่า CO_2 injury ทำให้มีการผลิตก๊าซเอทธิลีนออกมามากขึ้น เร่งการสุกและอายุการเก็บรักษาจะสั้นลง

(3) อาจเกิดการสุกที่ผิดปกติ ทำให้สุกไม่สม่ำเสมอทั้งผล

นอกจากนี้การดัดแปลงบรรยากาศเป็นการรักษาระดับความชื้นสัมพัทธ์ให้สูง อาจมีผลให้มีการเจริญของจุลินทรีย์และก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของผลไม้ได้ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2531ข; อนวัช สุวรรณกุล, 2531; Tongdee, 1972; Kader, 1986; Zagory and Kader, 1988)

<u>การบ่มผลไม้</u>

ผลไม้เมื่อต้องการเก็บรักษาให้ได้นาน ก็สามารถชะลอการสุกให้ช้าลงได้โดยการเก็บรักษาด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังได้กล่าวมาแล้ว ในขณะเดียวกันหากต้องการเร่งให้ผลไม้สุกเร็วขึ้นเมื่อต้องการจำหน่ายก็สามารถทำได้โดยการบ่ม ซึ่งการบ่มผลไม้ คือ การเร่งกระบวนการสุกให้เกิดขึ้นเร็วกว่าการปล่อยให้สุกตามธรรมชาติโดยจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการสุกของผลไม้ (จินตนา เขมาวุฒิ, 2531)

การบ่มผลไม้มีจุดประสงค์ที่ขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. ผลไม้ที่มีอัตราการหายใจสูง (climacteric fruits) สามารถนำผลแก่มาบ่มเพื่อให้มีการสุกเร็วขึ้น และมีการสุกที่สม่ำเสมอ เช่น มะละกอ มะม่วง ทุเรียน กล้วย ละมุด ฝรั่ง อโวกาโด น้อยหน่า มะเขือเทศ

2. ผลไม้ที่มีอัตราการหายใจต่ำ (non-climacteric fruits) ไม่สามารถบ่มให้มีการสุกได้แต่จะเป็นการบ่มผิวผลไม้ให้ดูสวยงามและมีสีสวยขึ้น เช่น ส้มเขียวหวานนำมาบ่มให้เกิดสีเหลืองหรือสีส้มขึ้น (จินตนา เขมาวุฒิ, 2531; สุรพงษ์ โกสิยะจินดา, 2534)

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการบ่มผลไม้ ประกอบด้วยปัจจัยดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ จะต้องมีอุณหภูมิสูงประมาณ 20-30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมคือร้อยละ 85-90 ที่จะช่วยให้ผลไม้มีการสร้างก๊าซเอทธิลีนมาก

จึงควรห่อหรือคลุมผลไม้ด้วยวัสดุ เช่น กระสอบ กระดาษ ฟางข้าว ใบไม้ เพื่อป้องกันการถ่ายเทอุณหภูมิและป้องกันการกระจายของก๊าซเอทธิลีน

2. อากาศ ต้องมีปริมาณก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสม (ก๊าซออกซิเจนไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกินร้อยละ 1)

3. วัสดุที่ใช้บ่ม

3.1 ก๊าซเอทธิลีน

3.2 ก๊าซที่มีคุณสมบัติคล้ายก๊าซเอทธิลีน เช่น ก๊าซอะเซทิลีน เพื่อกระตุ้นให้เกิดการสร้างก๊าซเอทธิลีนขึ้นภายในผล โดยใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ซึ่งอยู่ในรูปของแข็งทำปฏิกิริยากับไอน้ำในอากาศและน้ำจากการหายใจของผลไม้เกิดเป็นก๊าซอะเซทิลีน ดังสมการ

$$CaC_2 + 2\ H_2O \longrightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2 + \text{พลังงาน}$$

3.3 ควันไฟ เป็นการรมด้วยควันไฟภายในภาชนะที่ปิด แต่ระบายอากาศได้บ้าง เนื่องจากควันไฟมีก๊าซเอทธิลีนเป็นองค์ประกอบและยังช่วยให้อุณหภูมิสูงขึ้นด้วย แต่การบ่มด้วยวิธีนี้ทำให้ผลไม้ไม่สุกพร้อมกันและมีอุณหภูมิค่อนข้างสูง ทำให้ผลไม้คายน้ำเร็วและเป็นสาเหตุให้ผลไม้เหี่ยวได้

3.4 สารเคมี เช่น เอทีฟอน (ethephon) ซึ่งสลายตัวให้ก๊าซเอทธิลีน การใช้เอทีฟอนบ่มผลไม้พบว่าให้ผลดีกว่าวิธีอื่นคือ ผลไม้สุกเร็ว สม่ำเสมอ และสามารถกำหนดเวลาที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้แน่นอน แต่ราคาแพง

(เกรียงศักดิ์ พฤกษากิจ, 2521; จินตนา เขมาวุฒิ, 2531; สุรพงษ์ โกสิยะจินดา, 2534)

การบ่มผลไม้ในต่างประเทศจะทำกันเฉพาะในห้องที่สร้างขึ้นที่เรียกว่า " ห้องบ่ม " ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ วัสดุที่ใช้บ่มคือก๊าซเอทธิลีน โดยทำการปล่อยก๊าซที่ต้องการจะบ่มผลไม้เข้าไปในห้องซึ่งมีพัดลมสำหรับทำให้ความเข้มข้นของก๊าซเอทธิลีนในห้องกระจายทั่วถึงสม่ำเสมอ โดยให้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 10-100 ส่วนในล้านส่วน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้และระยะเวลาที่ใช้บ่ม โดยทั่วไปจะใช้ระยะเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง

สำหรับประเทศไทยนั้นไม่นิยมใช้ก๊าซเอทธิลีนในการบ่มเป็นการค้า เนื่องจากเป็นก๊าซที่หายากและมีราคาแพง จึงนิยมบ่มผลไม้โดยใช้แคลเซียมคาร์ไบด์มากกว่า เนื่องจากการใช้แคลเซียมคาร์ไบด์บ่มผลไม้จะมีความสะดวกกว่าการใช้ก๊าซอะเซทิลีนโดยตรงจากถังก๊าซ

เพราะแคลเซียมคาร์ไบด์เป็นของแข็ง สามารถจับและชั่งน้ำหนักได้ง่าย แต่ก๊าซอะเซทิลีนมีประสิทธิภาพด้อยกว่าก๊าซเอทธิลีนเป็น 100 เท่า ดังนั้นจึงต้องใช้ความเข้มข้นที่สูงกว่า เช่น ต้องการให้ได้ก๊าซเอทธิลีนเข้มข้นร้อยละ 0.5-0.6 ต้องใช้แคลเซียมคาร์ไบด์ประมาณ 10-20 กรัมต่อผลไม้ 1 กิโลกรัม (สายชล เกตุษา, 2528; สุรพงษ์ โกสิยะจินดา, 2534) โดยแคลเซียมคาร์ไบด์ที่ใช้บ่มผลไม้นั้นต้องนำมาทุบให้แตกเป็นก้อนเล็ก ๆ ขนาดเมล็ดถั่วเหลืองหรือถั่วแดงเสียก่อนตามอัตราส่วนของน้ำหนักของผลไม้ที่จะบ่ม แล้วห่อด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์พอหลวม ๆ แล้วนำไปวางไว้ระหว่างชั้นของผลไม้ พยายามวางให้กระจายทั่วบริเวณของผลไม้ในภาชนะ แล้วปิดชั้นบนของผลไม้ด้วยกระดาษหรือฝาปิดของภาชนะที่ใช้บ่ม แคลเซียมคาร์ไบด์ก็จะทำปฏิกิริยากับไอน้ำรอบ ๆ ซึ่งระเหยออกมาจากผลไม้ จนเกิดก๊าซอะเซทิลีนทีละน้อย ๆ จนกว่าจะสลายตัวหมด แต่ผลไม้ที่บ่มด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์มักจะมีคุณภาพด้อยกว่าผลไม้ที่สุกเองตามธรรมชาติ และถ้าใช้แคลเซียมคาร์ไบด์มากอาจมีกลิ่นเหม็นติดเนื้อผลไม้ (เกรียงศักดิ์ พฤกษากิจ, 2521; สายชล เกตุษา, 2528; สุรพงษ์ โกสิยะจินดา, 2534) เรณู ขำเลิศ (2527) ได้ทดลองบ่มมะม่วงพันธุ์อกร่องทองด้วยก๊าซเอทธิลีนเข้มข้น 200 ส่วนในล้านส่วน พบว่า ทำให้ผลสุกได้ดีและมีสภาพเหมาะต่อการรับประทานเมื่อบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 วัน เปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้รับการบ่มต้องใช้เวลา 5-6 วันจึงจะสุก ธนะชัย พันธ์เกษมสุข (2531) พบว่า ผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยที่บ่มด้วยก๊าซเอทธิลีนเข้มข้น 1,000 ส่วนในล้านส่วน แคลเซียมคาร์ไบด์ 20 กรัมต่อน้ำหนักผล 1 กิโลกรัม และใบชี้เหล็กสด 100 กรัมต่อน้ำหนักผล 1 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิห้อง สามารถสุกได้เร็วกว่าผลที่ไม่ได้รับการบ่ม 1 วัน และมีคุณภาพของผลสุกไม่แตกต่างกัน ยกเว้นผลที่ได้รับการบ่มด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์เนื้อผลมีกลิ่นคาร์ไบด์ติดด้วย ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ อัญชลี เมืองเจริญ (2531) ในการบ่มผลมะม่วงพันธุ์-แก้วลืมรัง

สำหรับชาวสวนโดยทั่วไปนิยมบ่มผลมะม่วง โดยการนำผลมะม่วงใส่ภาชนะ เช่น ตุ่ม เข่ง หรือลังไม้ ที่บุด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ แล้วนำแคลเซียมคาร์ไบด์ที่ทุบให้มีขนาดเมล็ดถั่วเขียวถึงเมล็ดถั่วลิสง ห่อด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ ห่อละประมาณ 10 - 50 กรัม วางกระจายในเข่งหรือลังไม้ เข่งละ 3-4 ห่อ จากนั้นปิดฝาเข่งด้านบนให้มิดชิด มะม่วงจะสุกภายหลังการบ่มได้ 2-3 วัน (เรณู ขำเลิศ, 2527; สุรพงษ์ โกสิยะจินดา, 2529)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อคัดเลือกระดับสีผิวของมังคุดที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวเพื่อการเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศ

2. เพื่อพัฒนากรรมวิธีการเก็บรักษาผลมังคุดโดยการดัดแปลงบรรยากาศ

3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาของผลมังคุดโดยการดัดแปลงบรรยากาศ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุ

1. มังคุดสด จากสวนของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนครศรีธรรมราช อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช ทำการทดลองในระหว่างปลายเดือนกรกฎาคมถึงต้นเดือนกันยายน พ.ศ. 2534 และ 2535 มีระดับสีที่ 1, 2 และ 3 ตามดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุดของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2529)

2. ถุงพลาสติกโพลิเอทิลีน ชนิดความหนาแน่นต่ำ (แอลดีพีอี) หนา 40 ไมครอน ขนาด 12 x 18 นิ้ว

3. แท่งซอล์ค

4. กล่องกระดาษลูกฟูก ใช้กล่องกระดาษลูกฟูกตามมาตรฐานของสถาบันวิจัย-วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2531 ก) ซึ่งมีรูปแบบชนิดฝากล่องสวมทับตัวกล่องพอดี ฝากล่องด้านนอกเป็นกระดาษขาว มีรูปแบบตาม International Fibreboard Case Code 0422 ตัวกล่องมีรูปแบบตาม International Fibreboard Case Code 0423 การขึ้นรูปกล่องเป็นแบบพับและอัดเข้าช่องพอดี ขนาดมิติภายนอก 400 x 300 x 120 มิลลิเมตร ขนาดมิติภายใน 374 x 277 x 114 มิลลิเมตร มีรูระบายอากาศขนาดเส้น-ผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ด้านยาวด้านละ 2 ช่อง ด้านบนและล่างด้านละ 4 ช่อง

5. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

5.1 โปตัสเซียมเปอร์มังกาเนต ระดับคุณภาพ LR(Laboratory Reagent)

5.2 สารป้องกันกำจัดเชื้อรา "เบน่เลท" หรือ "เบนโนมิล" ของบริษัทดูปองท์ (ประเทศไทย) จำกัด

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมวัตถุดิบ

1.1 มีด

1.2 ถังพลาสติก

1.3 ฟองน้ำ

1.4 ถาดอลูมิเนียม

1.5 ตะกร้าพลาสติก

1.6 พัดลม

1.7 เทอร์โมคัปเปิล ยี่ห้อ PRESICA รุ่น 2001 E

2. อุปกรณ์สำหรับการเก็บรักษา

2.1 ห้องเย็นอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

2.2 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง

3. อุปกรณ์ เครื่องมือ และเคมีภัณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของมังคุด

3.1 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ SARTORIUS รุ่น L 2200 P

3.2 ตู้อบสุญญากาศ (DUO vac oven) ของบริษัท Lab-line Instrument จำกัด

3.3 เตาเผา ยี่ห้อ SYBRON รุ่น F-A1630-1

3.4 พีเอชมิเตอร์ รุ่น pHM 61a ของบริษัท Radiometer A/S Copenhagen จำกัด

3.5 Hand refractometer ยี่ห้อ ATAGO รุ่น N 1 จากประเทศญี่ปุ่น

3.6 อุปกรณ์ เคมีภัณฑ์สำหรับวิเคราะห์ :-

- ปริมาณกรดแอสคอบิก
- ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลทั้งหมด
- ปริมาณโปรตีน
- ปริมาณไขมัน
- ปริมาณความชื้น
- ปริมาณเถ้า

วิธีการ

ตอนที่ 1 1. <u>การคัดเลือกระดับสีผิวของผลมังคุดที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวเพื่อการเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศ</u>

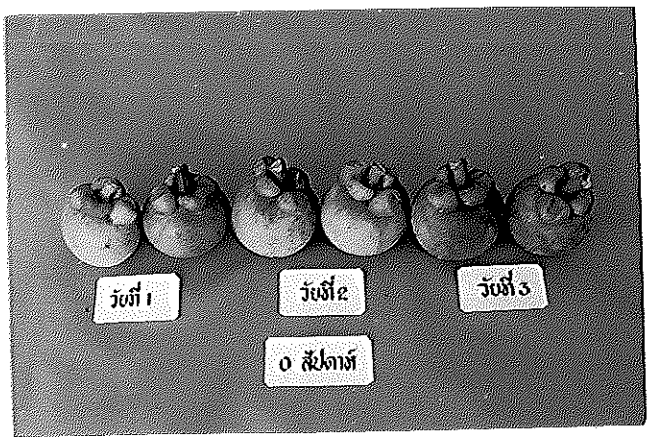
วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) จำนวน 2 ซ้ำ โดยจัดชุดการทดลองแบบแฟกตอเรียล ประกอบด้วย 3 ปัจจัย ดังนี้

1.1 ระดับสีผิว มี 3 ระดับ (รูปที่ 6) ได้แก่

- ระดับสีที่ 1 (เริ่มมีจุดประสีชมพูในบางส่วนของผล)
- ระดับสีที่ 2 (มีจุดประสีชมพูกระจัดกระจายเกือบทั่วผล)
- ระดับสีที่ 3 (มีจุดประสีชมพูกระจัดกระจายสม่ำเสมอทั่วผล)

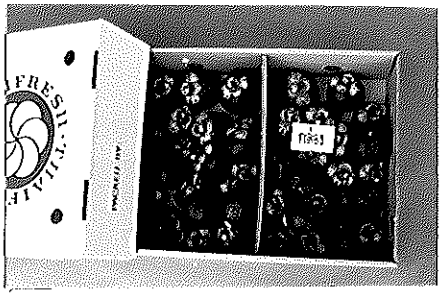
1.2 วิธีการดัดแปลงบรรยากาศ มี 3 วิธี (รูปที่ 7) ได้แก่

- กล่องกระดาษลูกฟูก (บรรจุมังคุดในกล่องกระดาษลูกฟูกโดยตรง ซึ่งแบ่งบรรจุ 20 ผลต่อชุดการทดลอง และทำ 2 ซ้ำในกล่องเดียวกัน)
- ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูก (บรรจุมังคุดในถุงพลาสติกแอลดีพีอี 20 ผลต่อชุดการทดลอง มัดปากถุงให้แน่นด้วยยาง เส้น แล้วบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก ทำ 2 ซ้ำในกล่องเดียวกัน)
- สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูก (บรรจุมังคุดในถุงพลาสติกแอลดีพีอีที่มีสารดูดก๊าซเอทธิลีน โดยนำแท่งชอล์คที่ดูดซับสารละลายอิ่มตัวของโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนต ($KMnO_4$) มาผึ่งให้แห้ง และใช้จำนวน 10 แท่ง ซึ่งมีปริมาณสาร $KMnO_4$=2 กรัม บรรจุในถุงพลาสติกขนาด 4 x 6 นิ้วที่เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์-กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 32 รู ปิดผนึกปากถุง นำไปวางในถุงที่บรรจุมังคุดโดยให้มีปริมาณสาร $KMnO_4$ อัตรา 4 กรัมต่อมังคุด 20 ผล ใน 1 ชุดการทดลอง มัดปากถุงให้แน่นด้วยยาง เส้น แล้วบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก ทำ 2 ซ้ำในกล่องเดียวกัน)



รูปที่ 6 ระดับสีผิว (วัย) ของมังคุดที่เก็บเกี่ยว

A



B

C

รูปที่ 7 การเก็บรักษามังคุดโดยวิธีการดัดแปลงบรรยากาศ :

A =กล่องกระดาษลูกฟูก

B =ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูก

C =สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูก

1.3 อุณหภูมิ มี 2 ระดับ ได้แก่

- อุณหภูมิ 10 $\pm$ 2 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 85 $\pm$ 5

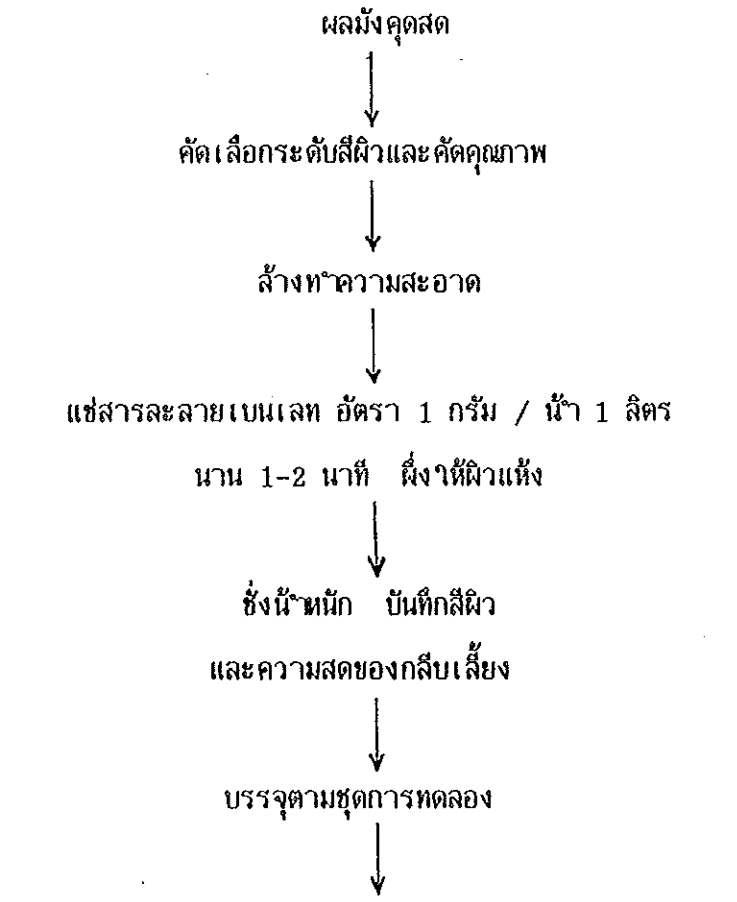
- อุณหภูมิห้อง (28 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 82 $\pm$ 5

จาก 3 ปัจจัย สามารถจัดเป็นชุดการทดลองได้ทั้งหมด 18 ชุด ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ชุดการทดลองทั้งหมดในการคัดเลือกระดับสีผิวของผลมังคุดที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวเพื่อการเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศ

อุณหภูมิ (°ซ)	ระดับสีผิว	การดัดแปลงบรรยากาศ
(10 ± 2)	1	กล่อง
		กล่อง + ถุงพลาสติก
		กล่อง + ถุงพลาสติก + สารดูดก๊าซเอทธิลีน
	2	กล่อง
		กล่อง + ถุงพลาสติก
		กล่อง + ถุงพลาสติก + สารดูดก๊าซเอทธิลีน
	3	กล่อง
		กล่อง + ถุงพลาสติก
		กล่อง + ถุงพลาสติก + สารดูดก๊าซเอทธิลีน
ห้อง	1	กล่อง
(28 ± 1)		กล่อง + ถุงพลาสติก
		กล่อง + ถุงพลาสติก + สารดูดก๊าซเอทธิลีน
	2	กล่อง
		กล่อง + ถุงพลาสติก
		กล่อง + ถุงพลาสติก + สารดูดก๊าซเอทธิลีน
	3	กล่อง
		กล่อง + ถุงพลาสติก
		กล่อง + ถุงพลาสติก + สารดูดก๊าซเอทธิลีน

สำหรับขั้นตอนการทดลอง ดัดแปลงจากคำแนะนำวิธีการปฏิบัติเพื่อให้ได้มังคุดที่มีคุณภาพเพื่อการส่งออก (เกียรติ ลีละเศรษฐกุล และดารา พวงสุวรรณ, 2530; ชาติชาย พฤกษ์รัตนกุล และคณะ ,2532) ซึ่งสรุปได้ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ขั้นตอนการทดลองการคัดเลือกระดับสีผิวของผลมังคุดที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวเพื่อการเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศ

2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัสของผลมังคุดระดับสีผิวต่าง ๆ หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษา

2.1 คุณภาพทางกายภาพ

- ให้คะแนนการเปลี่ยนแปลงสีผิวตามดัชนี 0-6 (สถาบันวิจัย-วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2529)
- ให้คะแนนความสดของกลีบเลี้ยง 1-3 โดย :

  1 = กลีบเลี้ยงมีสีเขียวหรือเขียวปนแดง ค่อนข้างสด

  2 = กลีบเลี้ยงสีเขียวออกน้ำตาล เหี่ยวเล็กน้อย

  3 = กลีบเลี้ยงสีเขียวออกน้ำตาลหรือสีน้ำตาล เหี่ยวมาก

  (วัลลภา ธีรภาวะ และคณะ,2529)
- ชั่งน้ำหนัก เพื่อหาค่าการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการเก็บรักษา
- บันทึกปริมาณผลเสีย

2.2 คุณภาพทางเคมี เป็นการวิเคราะห์หาคุณภาพทางเคมีของเนื้อมังคุดที่มีระดับสีผิวต่าง ๆ ได้แก่ :

- ปริมาณความชื้น (Ranganna, 1977)
- ปริมาณโปรตีน (Kjeldahl method ; A.O.A.C.,1990)
- ปริมาณไขมัน (A.O.A.C.,1990)
- ปริมาณเถ้า (A.O.A.C.,1990)
- ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (จากการคำนวณ)
- ความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Hand refractometer)
- ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (Ranganna,1977)
- ปริมาณกรดแอสคอบิก (2,6-dichlorophenol indophenol visual titration method ; Ranganna, 1977)
- ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Lane and Eynon volumetric method ; A.O.A.C.,1990)

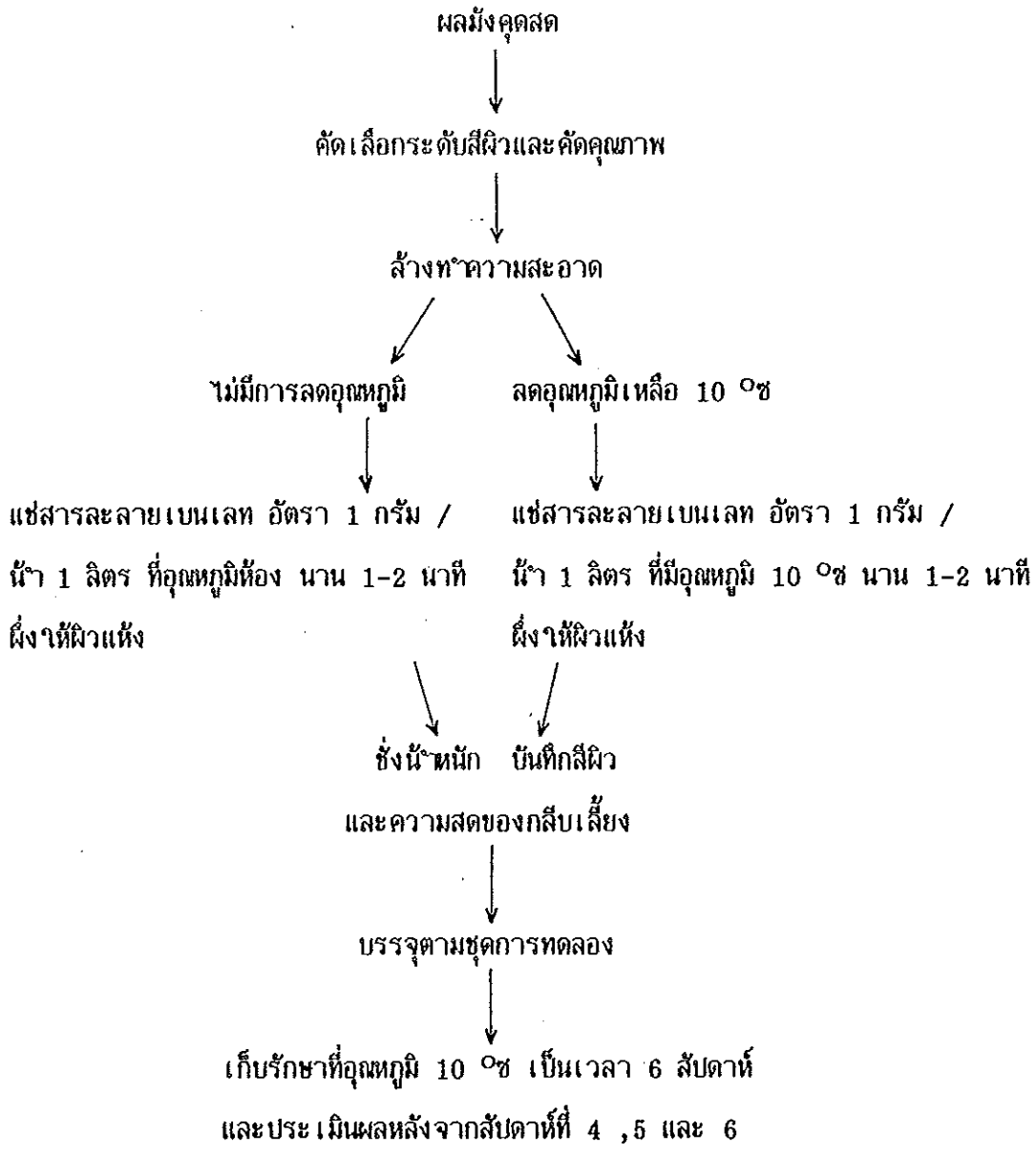
2. การลดอุณหภูมิของผลมังคุดก่อนการเก็บรักษา มี 2 ระดับ ได้แก่
   - ไม่มีการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา
   - ลดอุณหภูมิให้เหลือ 10 องศาเซลเซียส ก่อนการเก็บรักษา
3. ปริมาณสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตที่ใช้ในการเก็บรักษามังคุดโดยการดัดแปลงบรรยากาศ มี 3 ระดับ ได้แก่
   - 4 กรัม ต่อ มังคุด 20 ผล
   - 6 กรัม ต่อ มังคุด 20 ผล
   - 8 กรัม ต่อ มังคุด 20 ผล

จาก 3 ปัจจัยสามารถจัดเป็นชุดการทดลองได้ทั้งหมด 18 ชุด ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ชุดการทดลองทั้งหมดในการศึกษาผลของการลดอุณหภูมิและความเข้มข้นของสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลมังคุดโดยการดัดแปลงบรรยากาศ

การลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	ระดับสีผิว	ปริมาณสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนต (กรัม / มังคุด 20 ผล)
ไม่มีการลดอุณหภูมิ	1	4
		6
		8
	2	4
		6
		8
	3	4
		6
		8
ลดอุณหภูมิเหลือ 10 ^{o}ซ	1	4
		6
		8
	2	4
		6
		8
	3	4
		6
		8

ทุกชุดการทดลองจะบรรจุในถุงพลาสติกที่มีสารดูดก๊าซเอทธิลีนในปริมาณต่าง ๆ กัน มัดปากถุงให้แน่นด้วยยางเส้น แล้วบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก ทำ 2 ซ้ำในกล่องเดียวกัน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ สำหรับขั้นตอนการทดลองสรุปได้ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ขั้นตอนการทดลองผลของการลดอุณหภูมิและความเข้มข้นของสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลมังคุดโดยการดัดแปลงบรรยากาศ

การประเมินผล

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัสของผลมังคุดที่เก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ เช่นเดียวกับการทดลองในตอนที่ 1 แต่จะทดสอบหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 4, 5 และ 6 สัปดาห์ สำหรับมังคุดที่ยังไม่สุก (สีผิวยังไม่พัฒนาถึงระดับที่สามารถรับประทานได้) จะนำมาบ่มต่อ โดยใช้ก๊าซอะเซทิลีนที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์ไบด์กับความชื้นรอบ ๆ ผลมังคุดเป็นตัวกระตุ้นให้มีการสุก ในขั้นตอนการบ่มใช้แคลเซียมคาร์ไบด์บริมาณ 20 กรัมต่อมังคุด 1 กิโลกรัม ห่อด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ วางในกล่องกระดาษลูกฟูกที่บรรจุมังคุด ซึ่งมีการรองพื้นกล่องด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ ในแต่ละกล่องกระดาษลูกฟูกจะบรรจุมังคุด 2 กิโลกรัม จึงใช้แคลเซียมคาร์ไบด์จำนวน 2 ห่อ ต่อ 1 กล่อง จากนั้นหุ้มผลมังคุดให้มิดชิดด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ ปิดฝากล่อง นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งผิวสุกสม่ำเสมอทั่วผล จึงนำออกมาประเมินผล

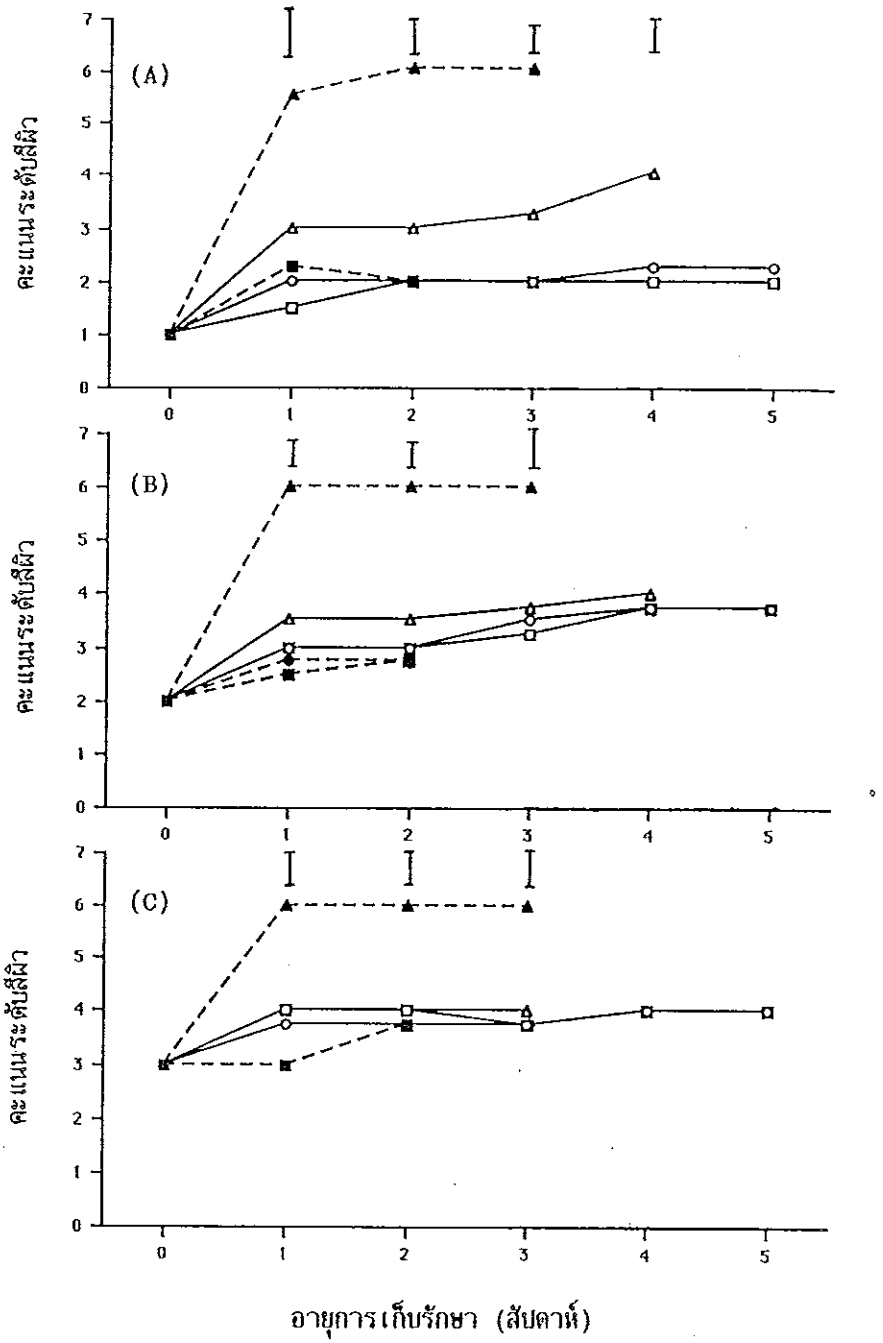
ผลการทดลองและวิจารณ์

ตอนที่ 1 การคัดเลือกระดับสีผิวของผลมังคุดที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวเพื่อการเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศ

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา

1. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ

การเปลี่ยนแปลงสีผิว พบว่า มังคุดทั้ง 3 ระดับสีที่เก็บรักษาโดยใช้กล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิห้อง มีการเปลี่ยนแปลงสีผิวได้เร็วที่สุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) กับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ทุกสภาวะของบรรยากาศการเก็บรักษา (รูปที่ 10 และตารางผนวกที่ 1) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูกและการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูก สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวมังคุดได้ดีและเก็บรักษาได้นานที่สุด (5 สัปดาห์) ซึ่งเห็นได้จากการเก็บรักษาโดยใช้กล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิห้องมีผลให้มังคุดระดับสีที่ 1 เปลี่ยนเป็นระดับสีที่ 5.5 (ม่วงอมแดงถึงดำ) ในสัปดาห์แรกของการเก็บรักษา และเปลี่ยนเป็นสีม่วงดำในสัปดาห์ที่ 2 ของการเก็บรักษาและสามารถเก็บรักษาได้นานเพียง 3 สัปดาห์ก็เกิดการเน่าเสีย ส่วนมังคุดระดับสีที่ 2 และ 3 เปลี่ยนเป็นสีม่วงดำ(ระดับสีที่ 6) ในสัปดาห์แรกของการเก็บรักษาและสามารถเก็บรักษาได้เพียง 3 สัปดาห์เช่นเดียวกัน(รูปที่ 11) ในขณะที่การเก็บรักษาโดยใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูก และการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูก ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีผลให้มังคุดระดับสีที่ 1 เปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อนอมชมพู (ระดับสีที่ 2) เมื่อเก็บรักษานาน 5 สัปดาห์ ส่วนมังคุดระดับสีที่ 2 และ 3 เปลี่ยนเป็นสีแดง (ระดับสีที่ 4) เมื่อเก็บไว้นาน 5 สัปดาห์ (รูปที่ 12) ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ถุงพลาสติกชนิดแอลดีพีอีสามารถจำกัดการผ่านเข้าออกของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนค่อย ๆ ลดลงในขณะที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลต่อการลดการทำงานและ



รูปที่ 10 คะแนนระดับสีผิวของผลมังคุดระดับสีที่ 1(A), ระดับสีที่ 2(B) และระดับสีที่ 3(C) หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ :

—△— = กล่อง, 10 °ซ

--▲-- = กล่อง, อุณหภูมิห้อง

—□— = กล่อง+ถุง, 10 °ซ

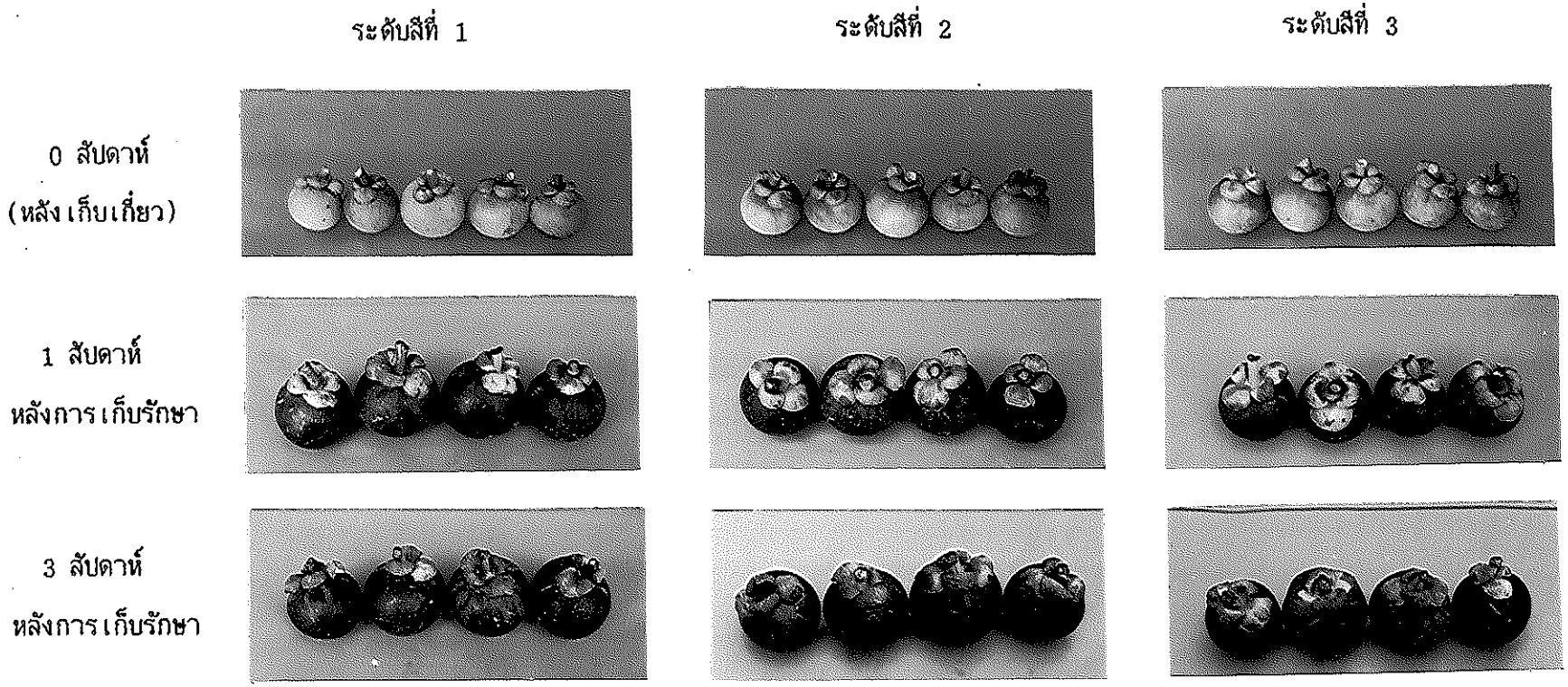
--■-- = กล่อง+ถุง, อุณหภูมิห้อง

—○— = กล่อง+ถุง+สารดูดC_2H_4, 10 °ซ

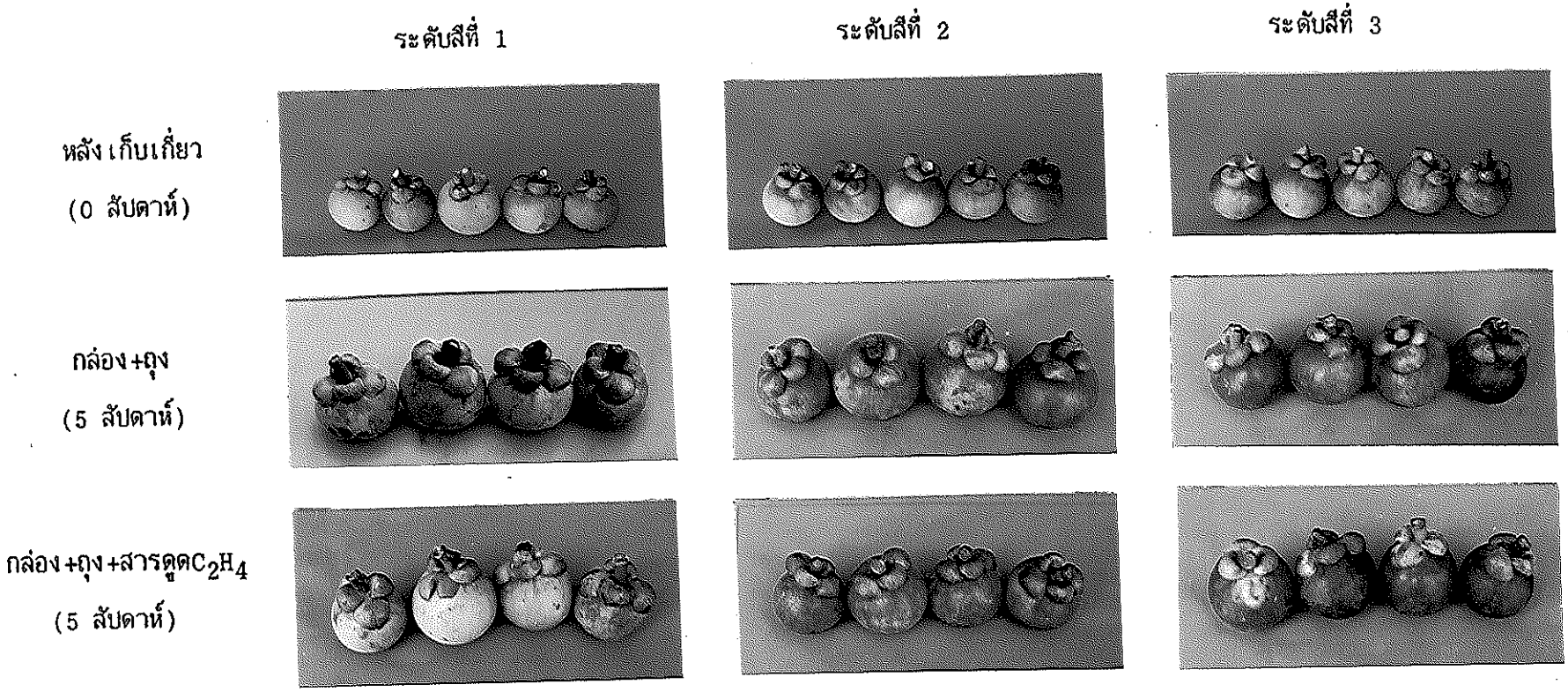
--●-- = กล่อง+ถุง+สารดูดC_2H_4, อุณหภูมิห้อง

(คะแนน 0=ขาวอมเหลือง, 1=เหลืองอ่อนอมเขียว, 2=เหลืองอ่อนอมชมพู, 3=ชมพูสม่ำเสมอ, 4=แดงหรือน้ำตาลอมแดง, 5=ม่วงอมแดง, 6=ม่วงถึงดำ)

I = LSD 0.05



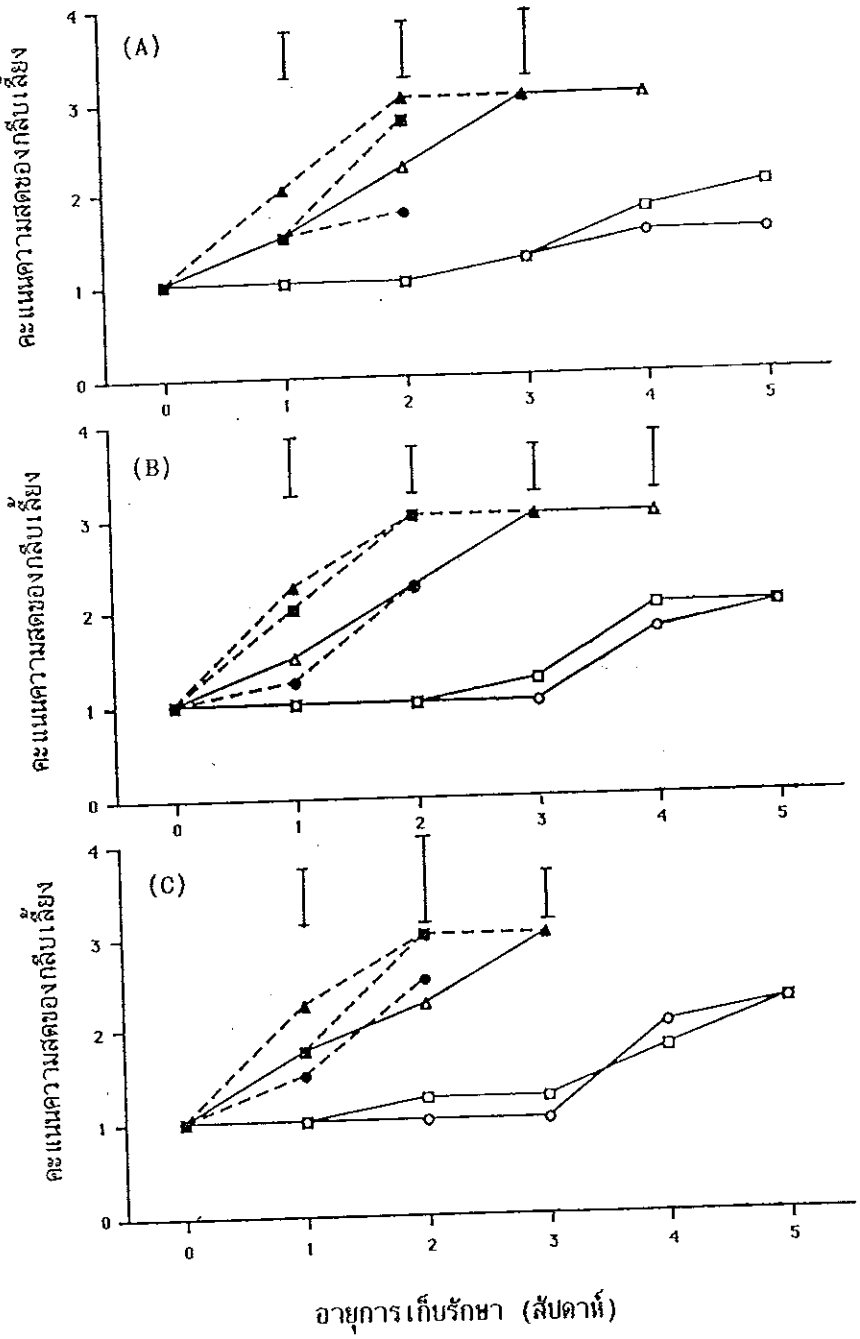
รูปที่ 11 การเปลี่ยนแปลงสีผิวและความสดของกลีบเลี้ยงผลมังคุดระดับสีที่ 1, 2 และ 3 หลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษารดยาใช้กล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิห้อง (ชุดควบคุม) เป็นเวลา 1 และ 3 สัปดาห์



รูปที่ 12 การเปลี่ยนแปลงสีผิวและความสดของกลีบเลี้ยงผลมังคุดระดับสีที่ 1, 2 และ 3 หลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาโดยใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษ-ลูกฟูก (กล่อง+ถุง) และการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูก (กล่อง+ถุง+สารดูดC_2H_4) เป็นเวลา 5 สัปดาห์

การสังเคราะห์ก๊าซเอทธิลีน (สายชล เกตุษา, 2528 ; Zagory and Kader, 1988) ทำให้การทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์รงควัตถุแอนโธไซยานินลดลง (Riov, *et al.*, 1969; Faragher and Brohier, 1984) ประกอบกับสภาวะที่มีอุณหภูมิต่ำและปริมาณก๊าซออกซิเจนน้อย ช่วยลดอัตราการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ (สายชล เกตุษา, 2528; Wills, *et al.*,1981) เป็นผลให้การเปลี่ยนแปลงสีผิวเกิดขึ้นได้ช้ากว่าการเก็บรักษาโดยใช้กล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิห้องซึ่งให้ผลในทางตรงกันข้าม เนื่องจากเป็นสภาวะที่มีปริมาณก๊าซออกซิเจนสูง ทำให้การทำงานและการสังเคราะห์ก๊าซเอทธิลีนเป็นไปได้ดี มีผลให้เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แอนโธไซยานินทำงานได้ดีด้วย (Riov, *et al.*, 1969; Faragher and Brohier, 1984) ประกอบกับสภาวะที่มีอุณหภูมิและปริมาณก๊าซออกซิเจนสูงจะเร่งการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์ (สายชล เกตุษา, 2528 ; Wills, *et al.*, 1981) ทำให้มังคุดมีการเปลี่ยนสีได้เร็วยิ่งขึ้น สำหรับการเก็บรักษาโดยการใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูก และการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิห้อง พบว่า สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวของมังคุดทั้ง 3 ระดับสีได้เช่นเดียวกันแต่มีการเน่าเสียเร็วกว่าการบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก คือ สามารถเก็บรักษาได้ไม่เกิน 2 สัปดาห์เท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากเป็นสภาวะที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงซึ่งเหมาะต่อการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ เช่นเชื้อรา (สายชล เกตุษา, 2528)

การเปลี่ยนแปลงความสดของกลีบเลี้ยงของมังคุดทั้ง 3 ระดับสี พบว่า การเก็บรักษาโดยการใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูก และการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสสามารถรักษาความสดของกลีบเลี้ยงได้ดีกว่าการเก็บรักษาโดยใช้กล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิเดียวกัน และการเก็บรักษาทุกรูปแบบที่อุณหภูมิห้องอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังรูปที่ 13 และตารางผนวกที่ 2 กล่าวคือ มังคุดทั้ง 3 ระดับสีที่เก็บรักษาโดยใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูกและการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสมีคะแนนความสดของกลีบเลี้ยงอยู่ในระดับ 1-2 (ค่อนข้างสดถึงเหี่ยวเล็กน้อย) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 5 สัปดาห์ (รูปที่ 12) ในขณะที่การเก็บรักษาโดยใช้กล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิห้องมีคะแนนความสดของกลีบเลี้ยงอยู่ในระดับ 3 (เหี่ยวมาก)ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 จนถึง



รูปที่ 13 คะแนนความสดของกลีบเลี้ยงผลมังคุดระดับสีที่ 1(A), ระดับสีที่ 2(B) และ ระดับสีที่ 3(C) หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ :

—△— = กล่อง, 10 °ซ

—□— = กล่อง+ถุง, 10 °ซ

—○— = กล่อง+ถุง+สารดูดC_2H_4, 10 °ซ

--▲-- = กล่อง, อุณหภูมิห้อง

--■-- = กล่อง+ถุง, อุณหภูมิห้อง

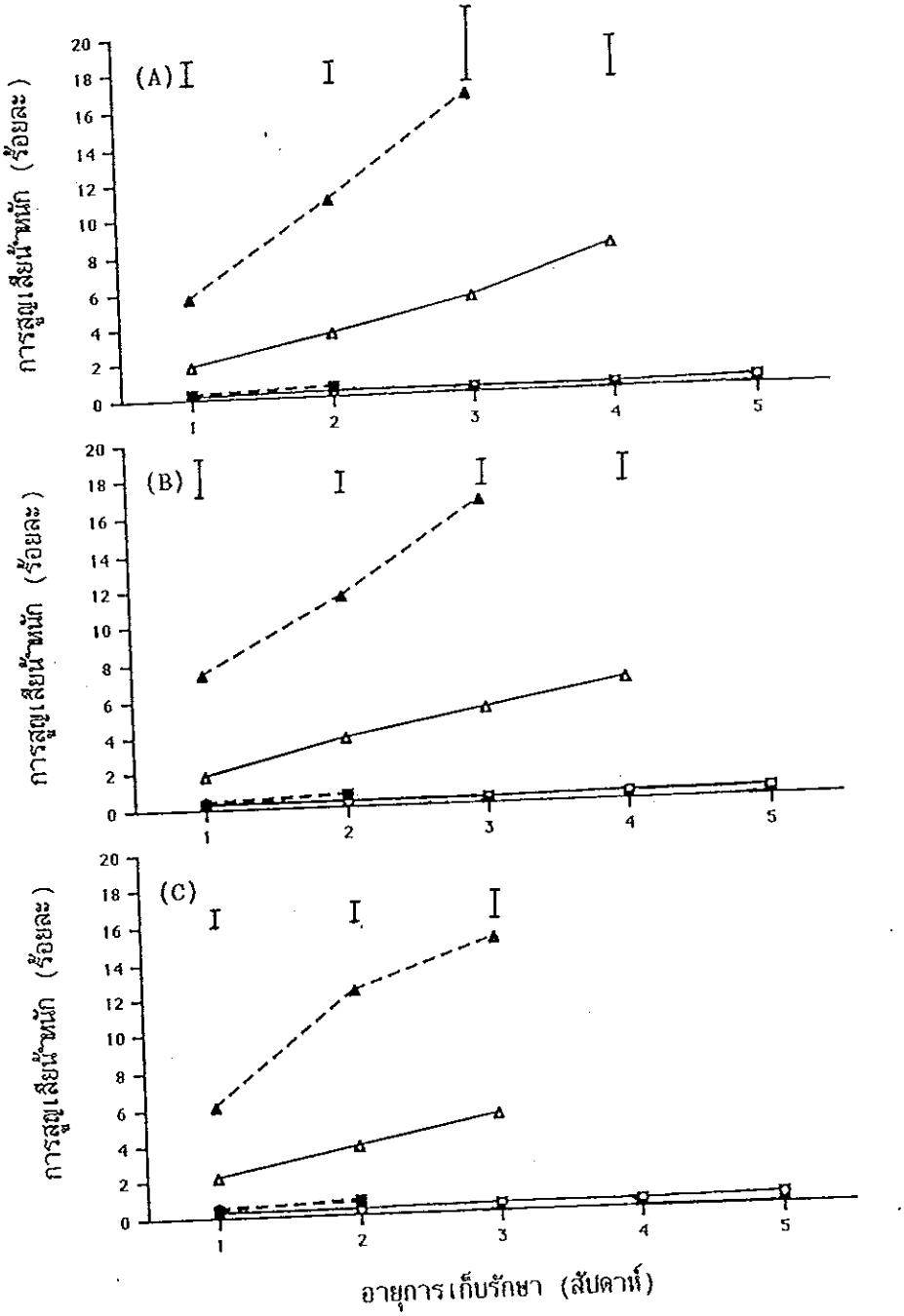
--●-- = กล่อง+ถุง+สารดูดC_2H_4, อุณหภูมิห้อง

(คะแนน 1=เขียวหรือเขียวปนแดงค่อนข้างสด, 2=เขียวออกน้ำตาลเขียวเล็กน้อย, 3=เขียวออกน้ำตาลหรือน้ำตาลเขียวมาก)

I = LSD 0.05

สัปดาห์ที่ 3 ของการเก็บรักษา (รูปที่ 11) และการเก็บรักษาโดยการใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูก และการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิห้อง มีผลให้กลีบเลี้ยงของมังคุดทั้ง 3 ระดับสีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและมีเส้นใยของเชื้อราปกคลุมอยู่ ทำให้คะแนนความสดของกลีบเลี้ยงมีค่า 2-3 ซึ่งใกล้เคียงกับการบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก

ส่วนผลของการสูญเสียน้ำหนักของมังคุดทั้ง 3 ระดับสี พบว่า มังคุดที่เก็บรักษาโดยการใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูก และการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูก มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการใช้กล่องกระดาษลูกฟูกอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$) ทั้งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสและที่อุณหภูมิห้อง (รูปที่ 14 และตารางผนวกที่ 3) นอกจากนี้ยังพบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องทุกสภาวะของบรรยากาศมีแนวโน้มของการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งเห็นได้ชัดเจนเมื่อเก็บรักษาในกล่องกระดาษลูกฟูก กล่าวคือมังคุดทั้ง 3 ระดับสีที่เก็บรักษาในกล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิห้องมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด คือ ร้อยละ 5.6 - 16.5 ในขณะที่การเก็บรักษาในกล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีการสูญเสียน้ำหนักเพียงร้อยละ 1.7-7.9 และการเก็บรักษาในกล่องกระดาษลูกฟูกทั้ง 2 อุณหภูมิเป็นเวลานานขึ้นมีแนวโน้มของการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น แต่การเก็บรักษาโดยใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูกและการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกทั้ง 2 อุณหภูมิ มีการสูญเสียน้ำหนักเพียงเล็กน้อยและไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ คือ สูญเสียน้ำหนักเพียงร้อยละ 0.1-0.6 เท่านั้นตลอดช่วงการเก็บรักษา และเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นมีแนวโน้มของการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้นซึ่งเห็นไม่ชัดเจน สำหรับเหตุผลที่การเก็บรักษาโดยการใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูก และการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ช่วยรักษาความสดของกลีบเลี้ยงและลดการสูญเสียน้ำหนักของมังคุดทั้ง 3 ระดับสีได้ดี เนื่องจากมีการใช้ถุงพลาสติกแอลดีพีอีซึ่งยอมให้ไอน้ำซึมผ่านได้เล็กน้อย จึงช่วยรักษาความชื้นในภาชนะบรรจุ (Zagory and Kader,1988) เป็นการลดความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำที่ผิวผลไม้กับบรรยากาศรอบ ๆ ผลไม้ ทำให้ผลไม้สูญเสียน้ำน้อยลง และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำก็ช่วยลดการสูญเสีย



รูปที่ 14 การสูญเสียน้ำหนักของผลมังคุดระดับสีที่ 1(A), ระดับสีที่ 2(B) และระดับสีที่ 3(C) ระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ :

—△— = กล่อง, 10 °ซ

—□— = กล่อง+ถุง, 10 °ซ

—○— = กล่อง+ถุง+สารดูดC_2H_4, 10 °ซ

--▲-- = กล่อง, อุณหภูมิห้อง

--■-- = กล่อง+ถุง, อุณหภูมิห้อง

--●-- = กล่อง+ถุง+สารดูดC_2H_4, อุณหภูมิห้อง

I = LSD 0.05

น้ำของผลไม้เช่นเดียวกัน (อนวัช สุวรรณกุล, 2531 ; Mitchell,*et al.*, 1972; Berg and Lentz, 1978)และมีผลในการรักษาความสดของกลีบเลี้ยงมังคุดด้วย ในทางตรงกันข้าม การเก็บรักษาในกล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิห้อง ทำให้มังคุดทั้ง 3 ระดับสีมีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดและกลีบเลี้ยงเหี่ยวอย่างรวดเร็วที่สุด เนื่องจากเป็นสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงและสามารถกีดขวางการเคลื่อนที่ของไอน้ำได้น้อยมากทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมาก สำหรับการเก็บรักษาโดยการใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูกและการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิห้อง แม้ว่าช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้เช่นเดียวกัน แต่ทำให้กลีบเลี้ยงของมังคุดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและมีเส้นใยของเชื้อราปกคลุมอยู่ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นสภาวะที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงซึ่งเหมาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราที่ทำให้เกิดการเน่าเสียและยังเป็นการเร่งการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์ด้วย (สายชล เกตุษา, 2528 ; Wills, *et al.*, 1981)

การเกิดผลเสีย ในที่นี้ไม่รวมถึงผลเสียจากวัตถุดิบเริ่มต้นที่ยังไม่ทราบสาเหตุแน่นอนและไม่สามารถสังเกตได้จากภายนอกได้แก่ อาการเนื้อแก้วและยางไหลภายในผล ซึ่งพบในปริมาณสูงถึงร้อยละ 50-55 แต่ที่บันทึกในการทดลองนี้เป็นผลเสียที่เกิดจากความแตกต่างของสภาพบรรยากาศที่ใช้ในการเก็บรักษามังคุดทั้ง 3 ระดับสี ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 9 ซึ่งพบว่ามังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสโดยการใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูกและการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกเกิดผลเสียในปริมาณน้อยกว่าการเก็บรักษาโดยใช้กล่องกระดาษลูกฟูกอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และเก็บรักษาได้นานถึง 5 สัปดาห์ ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่า การเก็บรักษาโดยใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูก และการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกเกิดผลเสียปริมาณมากกว่าการเก็บรักษาในกล่องกระดาษลูกฟูกและอายุการเก็บรักษาก็สั้นกว่าด้วย และเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นทุกชุดการทดลองมีปริมาณผลเสียเพิ่มมากขึ้น สำหรับผลเสียที่เกิดจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส โดยการใช้กล่องกระดาษลูกฟูก พบว่า เกิดอาการเปลือกแข็งทั้งผล สีผิวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล กลีบเลี้ยงชีดเหี่ยวมีสีน้ำตาล ผ่าผลออกได้ยาก และหากผ่าออกจะพบเนื้อมีลักษณะเละและฉ่ำน้ำ มีกลิ่นรสผิดปกติ เมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นจะมีอาการรุนแรงมากขึ้น สำหรับผลเสียที่เกิดจากการเก็บรักษาโดย

ตารางที่ 9 ปริมาณผลเสียของมังคุดที่เก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างกันที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง

ระดับสีผิว	อุณหภูมิที่เก็บรักษา	วิธีการดัดแปลงบรรยากาศ	ปริมาณผลเสีย* (ร้อยละ) ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์) 1	2	3	4	5
1	10°ซ	กล่อง	0.0 a,y	12.5 c,x	17.5 b,x	77.5 a,w	–
		กล่อง + ถุงพลาสติก	0.0 a,y	0.0 d,y	0.0 c,y	15.0 b,x	47.5 a,w
		กล่อง + ถุงพลาสติก + สารดูดเอทธิลีน	0.0 a,y	0.0 d,y	0.0 c,y	12.5 b,x	40.0 a,w
	ห้อง (28±1°ซ)	กล่อง	0.0 a,y	22.5 b,x	40.0 a,w	–	–
		กล่อง + ถุงพลาสติก	0.0 a,x	35.0 a,w	–	–	–
		กล่อง + ถุงพลาสติก + สารดูดเอทธิลีน	0.0 a,x	32.5 a,w	–	–	–
2	10°ซ	กล่อง	0.0 b,y	7.5 bc,y	22.5 ab,x	70.0 a,w	–
		กล่อง + ถุงพลาสติก	0.0 b,z	0.0 c,z	17.5 b,y	40.0 ab,x	67.5 a,w
		กล่อง + ถุงพลาสติก + สารดูดเอทธิลีน	0.0 b,z	0.0 c,z	12.5 b,y	27.5 b,x	60.0 a,w
	ห้อง (28±1°ซ)	กล่อง	2.5 b,x	17.5 b,x	40.0 a,w	–	–
		กล่อง + ถุงพลาสติก	22.5 a,x	60.0 a,w	–	–	–
		กล่อง + ถุงพลาสติก + สารดูดเอทธิลีน	20.0 a,x	55.0 a,w	–	–	–
3	10°ซ	กล่อง	0.0 b,y	17.5 b,x	57.5 a,w	–	–
		กล่อง + ถุงพลาสติก	0.0 b,y	0.0 c,y	7.5 b,y	20.0 a,x	50.0 a,w
		กล่อง + ถุงพลาสติก + สารดูดเอทธิลีน	0.0 b,y	0.0 c,y	0.0 b,y	12.5 a,x	22.5 b,w
	ห้อง (28±1°ซ)	กล่อง	2.5 b,x	15.0 b,x	50.0 a,w	–	–
		กล่อง + ถุงพลาสติก	20.0 a,w	–	–	–	–
		กล่อง + ถุงพลาสติก + สารดูดเอทธิลีน	12.5 ab,x	57.5 a,w	–	–	–

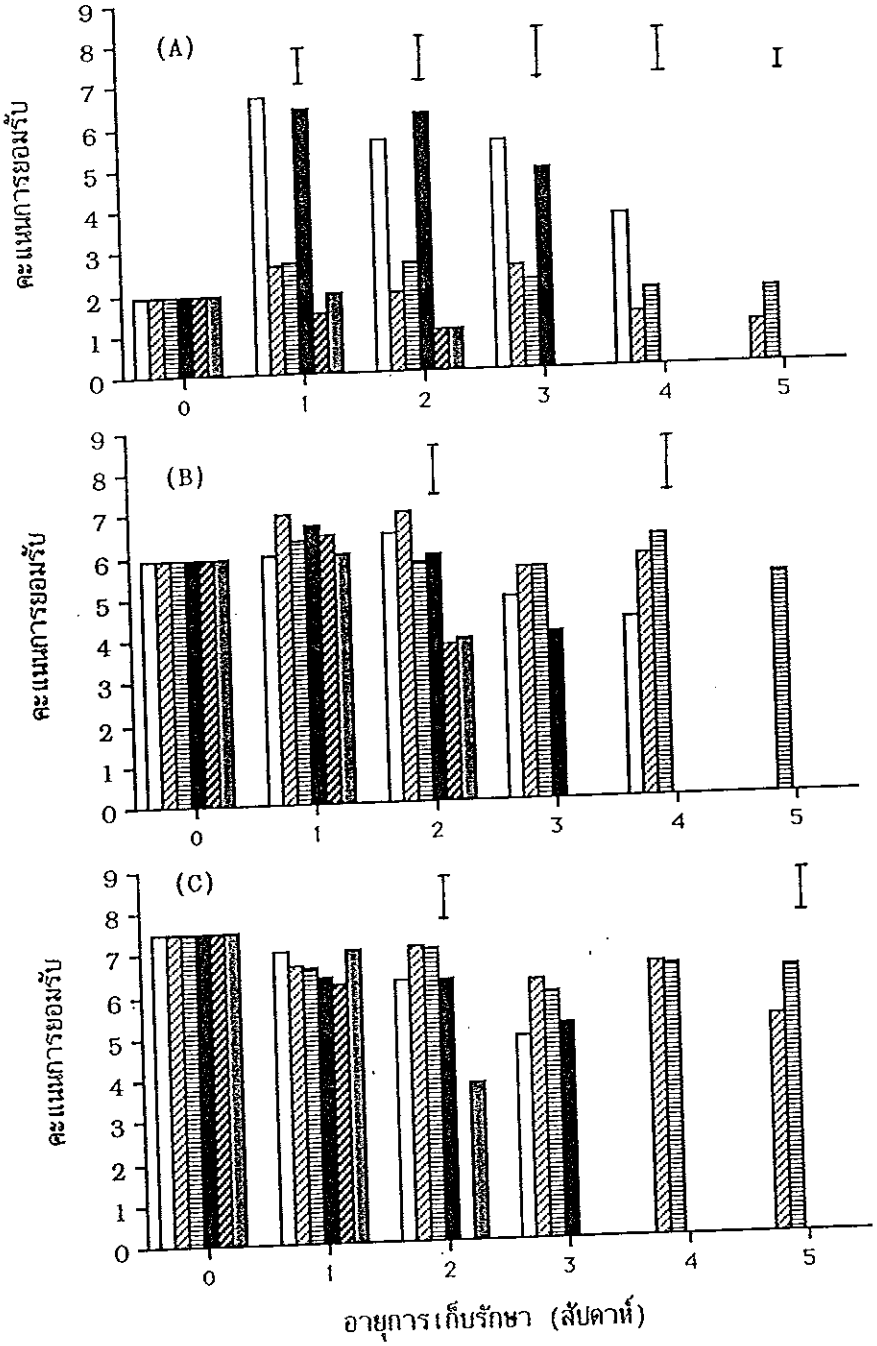
* ตัวอักษร a,b,c,d ในแนวตั้งของแต่ละระดับสีที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)
ตัวอักษร w,x,y,z ในแนวนอนของแต่ละชุดการทดลองที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)
– ไม่มีข้อมูลเนื่องจากเกิดผลเสียหมดทุกผล

การใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูกและการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติก และกล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบอาการที่เหมือนกัน คือ เป็นจุดสีน้ำตาลที่เปลือกผลหรือขยายพื้นที่เป็นปื้นสีน้ำตาล และเกิดเปลือกแข็ง เมื่ออาการรุนแรงขึ้นยากในการผ่าผลออก และหากผ่าออกจะพบเนื้อเน่าเละและฉ่ำน้ำมีกลิ่นผิดปกติเช่นเดียวกัน แต่รุนแรงน้อยกว่าการเก็บรักษาในกล่องกระดาษลูกฟูก จากอาการทั้งหมดนี้สันนิษฐานว่าเป็นการเกิด chilling injury ของผลมังคุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของสุรพงษ์ โกสิยะจินดา (2531) ที่กล่าวว่า มังคุดที่เกิด chilling injury จะพบกลีบเลี้ยงมีสีน้ำตาลซีดเหี่ยว เปลือกผลเหี่ยวและมีสีน้ำตาลม่วงหมองคล้ำ เปลือกแข็ง และเนื้อมีรสชาติผิดปกติ สายชล เกตุษา (2528) ได้อธิบายถึงการเกิดเปลือกแข็งจากอาการ chilling injury ว่า เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของ lipoprotein ที่เป็นส่วนประกอบของผนังเซล์ลจากลักษณะยืดหยุ่นไปเป็นลักษณะที่แข็งตัว นอกจากนี้การสูญเสียน้ำออกจากผลมากก็เป็นผลให้มังคุดเกิดอาการเปลือกแข็งได้เร็วขึ้น (Augustin and Azudin, 1986) อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลอง พบว่า การใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูกและการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกช่วยลดปริมาณผลเสีย เกิดผลเสียได้ช้ากว่า และมีอาการรุนแรงน้อยกว่าการเก็บรักษาในกล่องกระดาษลูกฟูกเพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Chaplin และคณะ (1986) ที่พบว่า การดัดแปลงบรรยากาศโดยใช้ถุงโพลิเอทิลีนเก็บรักษามะม่วง สามารถลดระดับความรุนแรงของการเกิด chilling injury ได้ นอกจากนี้จะสังเกตได้ว่าการเก็บรักษาโดยการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มในการเกิดผลเสียน้อยกว่าการใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิเดียวกัน ซึ่งเห็นได้ชัดในมังคุดระดับสีที่ 3 เมื่อเก็บรักษานาน 5 สัปดาห์ ส่วนผลเสียที่เกิดจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องโดยการใช้กล่องกระดาษลูกฟูก พบว่า เกิดอาการเปลือกแข็งทั้งผล เปลือกผลและกลีบเลี้ยงเหี่ยวเป็นสีดำ ไม่สามารถผ่าผลออกได้ และยังพบเส้นใยของเชื้อราสีเทาและสีดำขึ้นปกคลุมบางส่วนของผลหรือทั้งผล สาเหตุเนื่องจากมังคุดมีการสูญเสียน้ำมากอย่างรวดเร็วและมีผลให้เนื้อภายในเสื่อมคุณภาพด้วย (อาชว์ เตาลานนท์, 2530) และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะเหมาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา(สายชล เกตุษา, 2528) สำหรับการเก็บรักษาโดยใช้ถุงพลาสติก

ร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูกและการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษ-ลูกฟูกที่อุณหภูมิห้องนั้น พบอาการเน่าเสียที่เกิดจากเชื้อรา ซึ่งมีเส้นใยของเชื้อราขึ้นปกคลุมบริเวณขั้วผลและกลีบเลี้ยง ทำให้กลีบเลี้ยงเน่าและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำ เปลือกผลเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือม่วงเข้ม เมื่อผ่าออกจะพบเนื้อผลเน่าเป็นส่วน ๆ มีการยุบตัวเป็นรอยบุ๋มสีน้ำตาล มีเส้นใยสีขาวและสีชมพูของเชื้อรา มีกลิ่นเน่าเหม็นและกลิ่นหมักเกิดขึ้น เนื่องจากเป็นสภาวะการเก็บรักษาที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง ซึ่งเหมาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ เช่น เชื้อรา (สายชล เกตุษา , 2528) จึงเกิดการเน่าเสียเร็วกว่าการบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศช่วยเสริมประสิทธิภาพของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำให้มีอายุการเก็บรักษาได้ยาวนานขึ้น แต่ไม่สามารถใช้ทดแทนอุณหภูมิต่ำได้

2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เนื่องจากพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งชี้ว่าผลิตภัณฑ์หรือผลิตผลมีอายุการเก็บรักษาได้นานเพียงใด คือ การยอมรับของผู้บริโภคทั้งด้าน สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะรวม โดยทั่วไปมักจะใช้ระดับคะแนนของคุณลักษณะรวมที่ $\geq$ 5 (จากระดับคะแนน 1-9) จึงจะถือว่ายังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากการทดลองเก็บรักษาผลมังคุดภายใต้สภาวะบรรยากาศดัดแปลงที่แตกต่างกัน เมื่อนำส่วนเนื้อที่รับประทานได้มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ผลดังปรากฏในรูปที่ 15 , 16, 17 ,18 และ ตารางผนวกที่ 4 , 5, 6, 7 ซึ่งพบว่าหลังการเก็บเกี่ยวมังคุดระดับสีที่ 3 มีแนวโน้มของคะแนนการยอมรับด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัสและคุณลักษณะรวม สูงที่สุด คือ ชอบปานกลาง รองลงมาเป็นระดับสีที่ 2 คือ ชอบเล็กน้อย และระดับสีที่ 1 ต่ำสุดคือไม่ชอบมาก ทั้งนี้เนื่องจากมังคุดระดับสีที่ 1 ยังมีปริมาณยางในเปลือกมาก เมื่อผ่าออกทำให้ยางเปื้อนเลอะเนื้อผลได้ง่าย และเนื้อผลยังแข็งมาก แต่มังคุดระดับสีที่ 2 มีปริมาณยางในเปลือกปานกลาง เนื้อผลมีความนุ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ยังไม่ล่อนออกจากเปลือกอย่างชัดเจน และมังคุดระดับสีที่ 3 มีปริมาณยางในเปลือกน้อยถึงน้อยมาก เนื้อผลนุ่มสีขาวนวลและแยกออกจากเปลือกได้ชัดเจน เป็นผลให้ได้รับคะแนนการยอมรับทุก ๆ ลักษณะสูงที่สุด เมื่อนำมาเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงแบบต่าง ๆ พบว่าหลังการเก็บรักษา 1 สัปดาห์



รูปที่ 15 คะแนนการยอมรับด้านสีของเนื้อมังคุดระดับสีที่ 1(A), ระดับสีที่ 2(B) และระดับสีที่ 3(C) หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ :

□= กล่อง, 10 °ซ

■ = กล่อง, อุณหภูมิห้อง

▨= กล่อง+ถุง, 10 °ซ

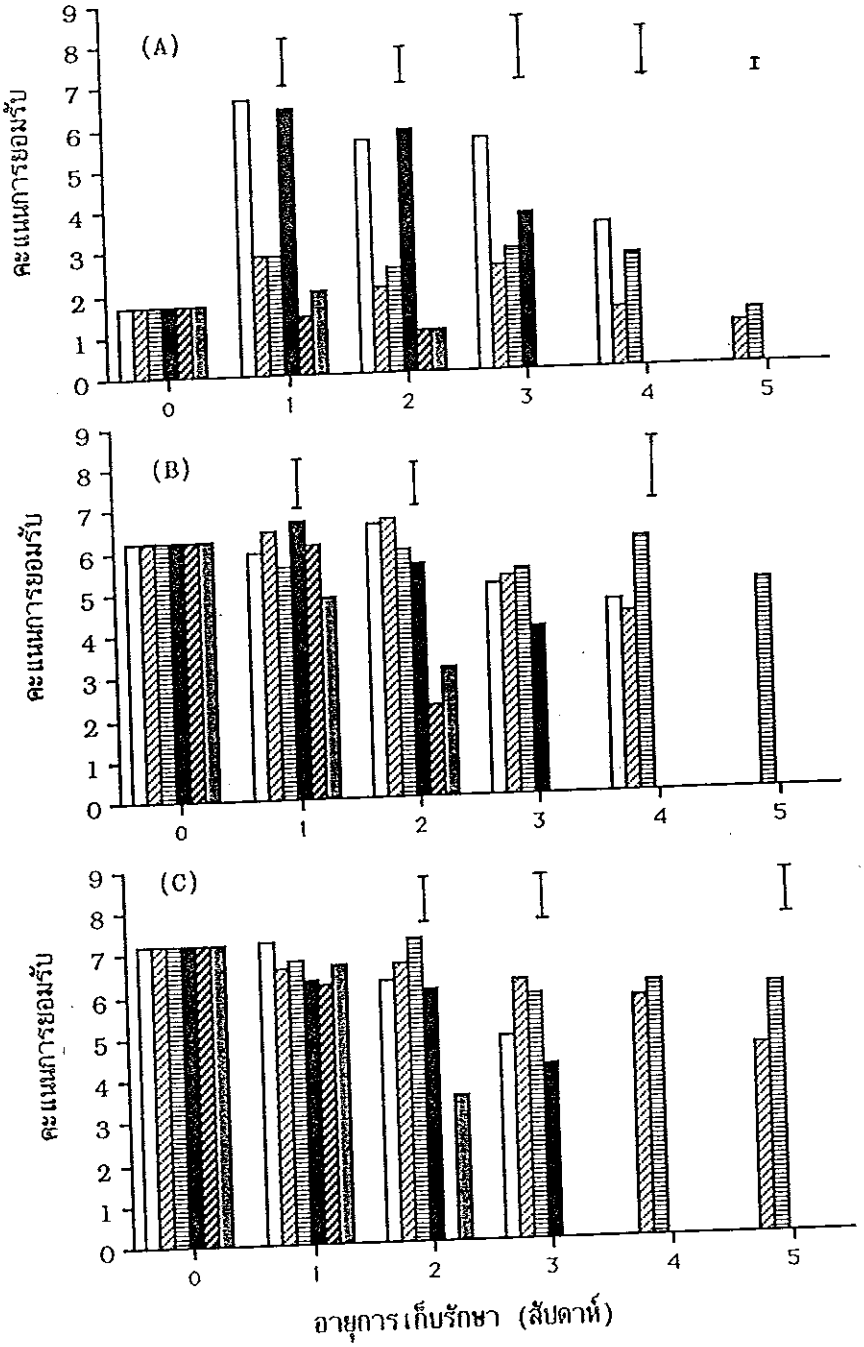
▨ = กล่อง+ถุง, อุณหภูมิห้อง

▤= กล่อง+ถุง+สารดูดC_2H_4, 10 °ซ

▩ = กล่อง+ถุง+สารดูดC_2H_4, อุณหภูมิห้อง

(คะแนนสูงสุด คือ 9=ชอบมากที่สุด,...,คะแนนต่ำสุด คือ 1=ไม่ชอบมากที่สุด)

I = LSD 0.05



รูปที่ 16 คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสของเนื้อมังคุดระดับสีที่ 1(A), ระดับสีที่ 2(B) และระดับสีที่ 3(C) หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ :

□ = กล่อง, 10 °ซ

■ = กล่อง, อุณหภูมิห้อง

▨ = กล่อง+ถุง, 10 °ซ

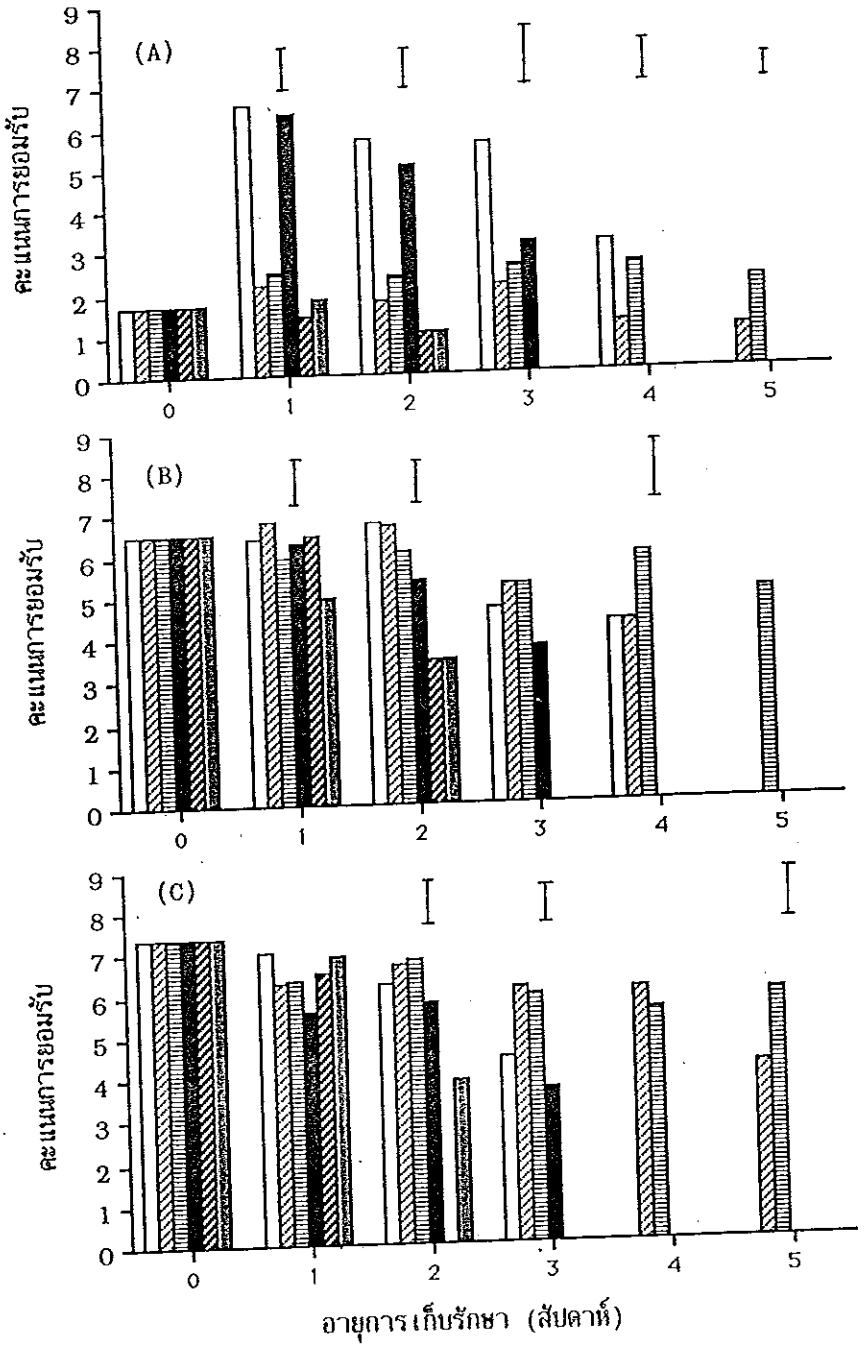
▨ = กล่อง+ถุง, อุณหภูมิห้อง

▤ = กล่อง+ถุง+สารดูดก๊าซ C_2H_4, 10 °ซ

▦ = กล่อง+ถุง+สารดูดก๊าซ C_2H_4, อุณหภูมิห้อง

(คะแนนสูงสุด คือ 9=ชอบมากที่สุด, . . . , คะแนนต่ำสุด คือ 1=ไม่ชอบมากที่สุด)

I = LSD 0.05



รูปที่ 17 คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อมังคุดระดับสีที่ 1(A),ระดับสีที่ 2(B) และระดับสีที่ 3(C) หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ :

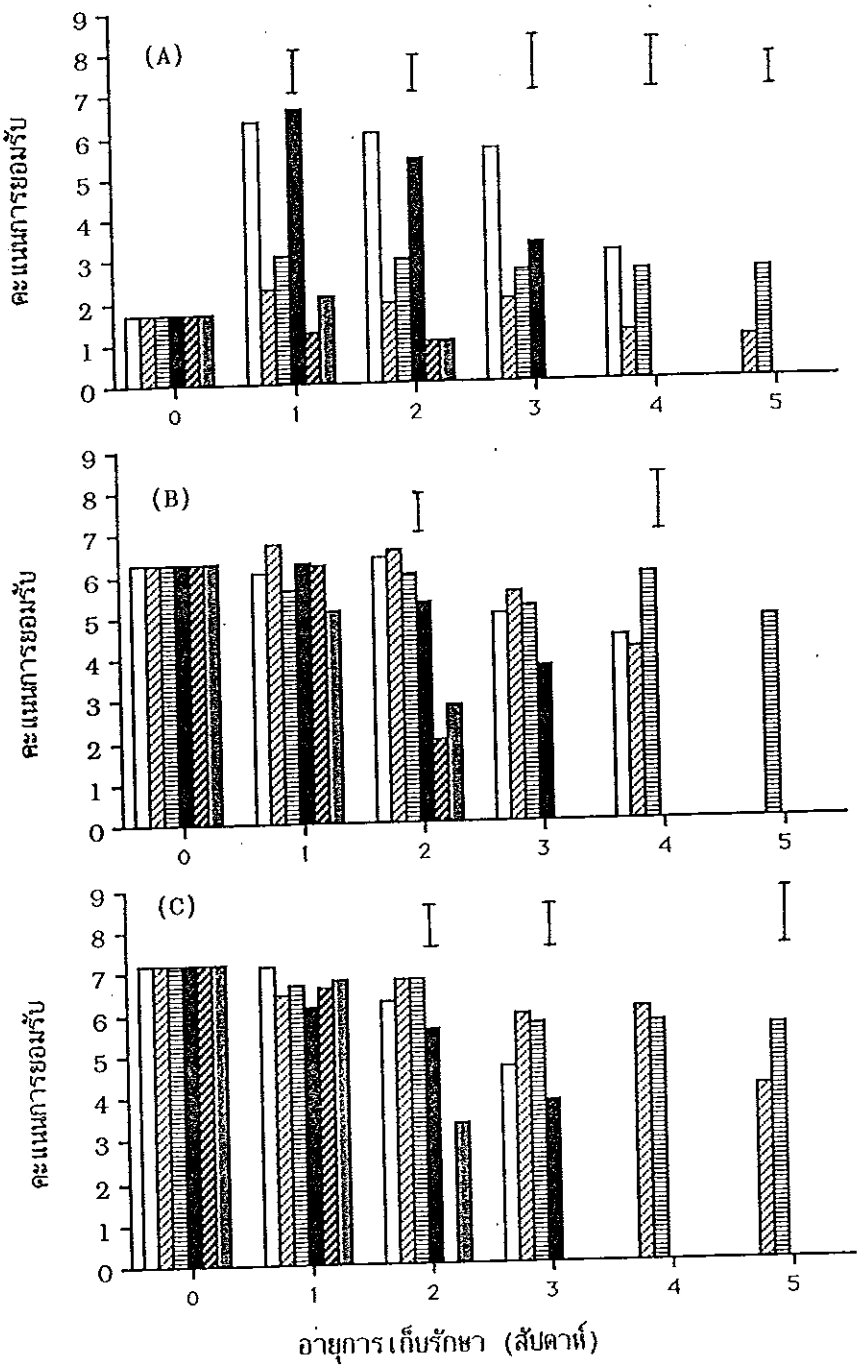
□ = กล่อง,10 °ซ ■ = กล่อง,อุณหภูมิห้อง

▨ = กล่อง+ถุง,10 °ซ ▨ = กล่อง+ถุง,อุณหภูมิห้อง

▤ = กล่อง+ถุง+สารดูดC_2H_4,10 °ซ ▩ = กล่อง+ถุง+สารดูดC_2H_4,อุณหภูมิห้อง

(คะแนนสูงสุด คือ 9=ชอบมากที่สุด,...,คะแนนต่ำสุด คือ 1=ไม่ชอบมากที่สุด)

I = LSD 0.05



รูปที่ 18 คะแนนการยอมรับด้านคุณลักษณะรวมของเนื้อมังคุดระดับสีที่ 1(A),ระดับสีที่ 2(B) และระดับสีที่ 3(C) หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาในสภาวะต่าง ๆ :

□ = กล่อง,10 °ซ ■ = กล่อง,อุณหภูมิห้อง

▨ = กล่อง+ถุง,10 °ซ ▨ = กล่อง+ถุง,อุณหภูมิห้อง

▤ = กล่อง+ถุง+สารดูดC_2H_4,10 °ซ ▩ = กล่อง+ถุง+สารดูดC_2H_4,อุณหภูมิห้อง

(คะแนนสูงสุด คือ 9=ชอบมากที่สุด,...,คะแนนต่ำสุด คือ 1=ไม่ชอบมากที่สุด)

I = LSD 0.05

มังคุดระดับสีที่ 2 และ 3 ทุกสภาพบรรยากาศการเก็บรักษามีคะแนนการยอมรับด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่หลังจากเก็บรักษานาน 2 สัปดาห์ จึงเริ่มเห็นความแตกต่าง ซึ่งพบว่า การเก็บรักษาโดยการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุง-พลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษามังคุดระดับสีที่ 2 และ 3 ได้นานที่สุด คือ 4 และ 5 สัปดาห์ ตามลำดับ โดยยังมีคะแนนการยอมรับคุณลักษณะรวม $\geq$ 5 แม้ว่าไม่เห็นผลชัดเจนในการเปลี่ยนแปลงสีผิวของมังคุดเมื่อเทียบกับการใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูกที่ไม่มีสารดูดก๊าซเอทธิลีน แต่มีแนวโน้มในการช่วยรักษาความแน่นเนื้อ และช่วยลดความผิดปกติต่าง ๆ ของเนื้อผล ได้มากกว่าการไม่ใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของธนะชัย พันธ์เกษมสุข (2531) ที่พบว่ามะม่วงพันธุ์เขียวเสวยที่บรรจุในถุงพลาสติกเจาะรูที่มีและไม่มีสารดูดก๊าซเอทธิลีนให้ผลในการเปลี่ยนแปลงการสุกไม่แตกต่างกัน แต่การใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนมีผลต่อการช่วยรักษาความแน่นเนื้อและช่วยลดความผิดปกติของผลมะม่วง สำหรับมังคุดระดับสีที่ 1 ที่เก็บรักษาโดยใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูก และการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสสามารถเก็บรักษาได้นานถึง 5 สัปดาห์เช่นเดียวกัน แต่คะแนนการยอมรับในทุก ๆ ลักษณะยังต่ำมาก และไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ทั้งนี้เนื่องมาจากการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดังกล่าวมีผลต่อการชะลอการสุก อีกทั้งมังคุดระดับสีที่ 1 มีการพัฒนาสีผิวน้อยกว่ามังคุดระดับสีอื่น ๆ ในช่วงก่อนการเก็บรักษา ทำให้มังคุดระดับสีที่ 1ไม่สามารถพัฒนากระบวนการสุกให้อยู่ในระดับที่บริโภคได้ ซึ่งยังมีปริมาณยางในเปลือกมากและเนื้อผลค่อนข้างแข็ง แต่การเก็บรักษาโดยใช้กล่องกระดาษลูกฟูกทั้งที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง พบว่า มังคุดระดับสีที่ 1 มีคะแนนการยอมรับในทุกๆ ลักษณะสูงขึ้นจนเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้โดยเฉพาะในช่วง 1-2 สัปดาห์หลังการเก็บรักษา เนื่องจากเป็นสภาวะการเก็บรักษาที่มีปริมาณก๊าซออกซิเจนสูงแต่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ จึงส่งเสริมการสังเคราะห์และการทำงานของก๊าซเอทธิลีนในการกระตุ้นให้เกิดการสุกได้ (Kader, 1986) หลังจากนั้นคะแนนการยอมรับในทุก ๆ ลักษณะค่อย ๆ ลดลง จนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ในทางตรงกันข้ามการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องพบว่า มังคุดทั้ง 3 ระดับสีที่เก็บรักษาโดยการใช้ถุงพลาสติกร่วมกับกล่องกระดาษลูกฟูกและการ

ใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกมีอายุการเก็บรักษาสั้นที่สุด คือ เก็บรักษาได้ไม่เกิน 1 สัปดาห์ เนื่องจากเกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติขึ้น เพราะสภาวะการเก็บรักษาที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง เหมาะต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (สายชล เกตุษา, 2528) อีกทั้งสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงอาจเร่งการหายใจของมังคุดในช่วงแรกที่ยังมีปริมาณก๊าซออกซิเจนสูง ทำให้ก๊าซออกซิเจนเหลือน้อยมากจนเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนขึ้น และเกิดกลิ่นรสที่ผิดปกติ

นอกจากนี้ยังพบว่ามังคุดทั้ง 3 ระดับสีเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นในทุกสภาวะการเก็บรักษามีแนวโน้มของการยอมรับลดลงซึ่งแสดงให้เห็นถึงคุณภาพค่อย ๆ ลดลง เนื่องจากเป็นการเข้าสู่ระยะของการเสื่อมสลายหลังจากที่มีการสุกเกิดขึ้น อันเป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติของผลไม้ (Gortner, *et al.*, 1967; Wills, *et al.*, 1981) และหากเปรียบเทียบคะแนนการยอมรับในทุก ๆ ลักษณะของมังคุดทั้ง 3 ระดับสีที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่าง ๆ ในแต่ละสัปดาห์พบว่า มังคุดระดับสีที่ 3 มีแนวโน้มของการยอมรับสูงที่สุด

3. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อมังคุดระดับสีที่ 1, 2 และ 3 หลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศการเก็บต่าง ๆ พบว่า องค์ประกอบทางเคมีมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ส่วนใหญ่ค่อนข้างคงที่ ดังตารางที่ 10 โดยองค์ประกอบหลัก (ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต) มีค่าดังนี้คือปริมาณเถ้าร้อยละ 0.2 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.4 - 0.5 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.2 สำหรับปริมาณความชื้นและคาร์โบไฮเดรตมีการเปลี่ยนแปลงไปจากหลังการเก็บเกี่ยว โดยมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เก็บรักษา ทำให้สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตลดลงไปด้วย ซึ่งปริมาณความชื้นหลังการเก็บเกี่ยวมีร้อยละ 78.4,79.4 และ 80.0 ในมังคุดระดับสีที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นมีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกันคือร้อยละ 80.0-81.9 และปริมาณคาร์โบไฮเดรตหลังการเก็บเกี่ยวมีร้อยละ 20.7, 19.8 และ 19.1 ในมังคุดระดับสีที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 17.2-19.2 สำหรับองค์ประกอบทางเคมีอื่น ๆ ซึ่งได้แก่ กรดแอสคอบิก

ตารางที่ 10 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างกันที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง

ระดับสีผิว	อุณหภูมิที่เก็บรักษา	วิธีการดัดแปลงบรรยากาศ	เวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	กรดแอสคอบิกของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มก./100 กรัมเนื้อ	ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°บริกซ์)	กรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (ร้อยละ)	ความเป็นกรดด่าง (pH)	น้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	น้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ)	โปรตีน (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละ)	คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)
1	10°ซ	กล่อง	0	1.08 a*	15.6 a	0.61 a	3.72 a	3.7 b	14.3 a	78.4 b	0.2 a	0.5 a	0.2 a	20.7 a
			1	1.16 a	16.2 a	0.64 a	3.46 a	3.6 b	14.2 a	–	–	–	–	–
			2	1.07 a	16.7 a	0.63 a	3.66 a	4.6 ab	14.6 a	–	–	–	–	–
			3	1.06 a	16.0 a	0.59 a	3.54 a	5.7 a	14.3 a	80.3 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	18.8 b
		กล่อง+ถุงพลาสติก	0	1.08 a	15.6 a	0.61 ab	3.72 a	3.7 a	14.3 a	78.4 b	0.2 a	0.5 a	0.2 a	20.7 a
			1	1.11 a	15.4 a	0.64 a	3.53 a	3.7 a	14.1 a	–	–	–	–	–
			2	1.06 a	16.7 a	0.66 a	3.61 a	3.7 a	14.4 a	–	–	–	–	–
			3	1.05 a	15.7 a	0.61 ab	3.47 a	3.7 a	13.7 a	–	–	–	–	–
			4	1.07 a	15.9 a	0.58 b	3.65 a	4.0 a	14.3 a	–	–	–	–	–
			5	1.09 a	15.1 a	0.51 c	3.75 a	4.4 a	14.3 a	80.1 a	0.2 a	0.4 b	0.2 a	19.1 b
		กล่อง+ถุงพลาสติก+สารดูดเอทธิลีน	0	1.08 a	15.6 a	0.61 b	3.72 a	3.7 a	14.3 bc	78.4 b	0.2 a	0.5 a	0.2 a	20.7 a
			1	1.10 a	15.6 a	0.62 ab	3.66 a	3.7 a	12.7 d	–	–	–	–	–
			2	1.06 a	17.2 a	0.63 ab	3.69 a	4.0 a	15.4 a	–	–	–	–	–
			3	1.08 a	16.7 a	0.62 ab	3.70 a	3.9 a	14.7 ab	–	–	–	–	–
			4	1.08 a	17.2 a	0.66 a	3.64 a	4.0 a	15.0 ab	–	–	–	–	–
			5	1.08 a	15.0 a	0.52 c	3.81 a	4.2 a	13.9 c	80.2 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	18.9 b
	ห้อง (28±1°ซ)	กล่อง	0	1.08 a	15.6 a	0.61 a	3.72 a	3.7 a	14.3 a	78.4 b	0.2 a	0.5 a	0.2 a	20.7 a
			1	1.10 a	16.9 a	0.63 a	3.56 a	4.4 a	15.1 a	–	–	–	–	–
			2	1.08 a	16.6 a	0.60 a	3.53 a	4.6 a	15.2 a	81.9 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	17.2 b
		กล่อง+ถุงพลาสติก	0	1.08 a	15.6 a	0.61 a	3.72 a	3.7 a	14.3 a	78.4 b	0.2 a	0.5 a	0.2 a	20.7 a
			1	1.11 a	15.7 a	0.58 b	3.66 a	3.8 a	14.5 a	–	–	–	–	–
			2	1.07 a	17.0 a	0.60 a	3.70 a	3.6 a	15.0 a	81.3 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	17.8 b
		กล่อง+ถุงพลาสติก+สารดูดเอทธิลีน	0	1.08 a	15.6 a	0.61 a	3.72 a	3.7 a	14.3 a	78.4 b	0.2 a	0.5 a	0.2 a	20.7 a
			1	1.08 a	16.1 a	0.63 a	3.56 a	3.7 a	14.4 a	–	–	–	–	–
			2	1.07 a	15.8 a	0.64 a	3.76 a	4.3 a	14.2 a	81.2 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	17.9 b

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ระดับสีผิว	อุณหภูมิที่เก็บรักษา	วิธีการดัดแปลงบรรยากาศ	เวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	กรดแอสคอบิกของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มก./100 กรัมเนื้อ	ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°บริกซ์)	กรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (ร้อยละ)	ความเป็นกรดด่าง (pH)	น้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	น้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ)	โปรตีน (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละ)	คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)
2	10°ซ	กล่อง	0	1.09 a	17.8 a	0.72 a	3.82 a	4.6 a	16.8 a	79.4 b	0.2 a	0.4 a	0.2 a	19.8 a
			1	1.15 a	17.0 a	0.71 a	3.35 a	4.2 a	16.2 ab	–	–	–	–	–
			2	1.08 a	17.0 a	0.65 ab	3.42 a	5.1 a	15.5 b	–	–	–	–	–
			3	1.07 a	15.9 a	0.59 b	3.46 a	5.9 a	13.9 c	80.4 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	18.7 b
		กล่อง+ถุงพลาสติก	0	1.09 a	17.8 a	0.72 a	3.82 a	4.6 a	16.8 a	79.4 b	0.2 a	0.4 a	0.2 a	19.8 a
			1	1.08 a	16.3 a	0.65 a	3.44 b	3.7 a	14.5 b	–	–	–	–	–
			2	1.08 a	16.7 a	0.64 a	3.49 b	3.7 a	14.7 b	–	–	–	–	–
			3	1.06 a	16.2 a	0.65 a	3.48 b	4.0 a	14.3 b	80.3 a	0.2 a	0.6 a	0.2 a	18.7 b
		กล่อง+ถุงพลาสติก+สารดูดเอทธิลีน	0	1.09 a	17.8 a	0.72 a	3.82 a	4.6 a	16.8 a	79.4 b	0.2 a	0.4 a	0.2 a	19.8 a
			1	1.08 a	16.9 a	0.64 a	3.51 a	4.2 a	15.7 ab	–	–	–	–	–
			2	1.08 a	17.4 a	0.67 a	3.58 a	4.2 a	14.9 bc	–	–	–	–	–
			3	1.07 a	15.8 a	0.60 a	3.56 a	4.6 a	13.8 c	–	–	–	–	–
			4	1.07 a	15.3 a	0.61 a	3.60 a	5.2 a	13.9 c	80.3 a	0.2 a	0.4 a	0.2 a	18.9 b
	ห้อง (28±1°ซ)	กล่อง	0	1.09 a	17.8 a	0.72 a	3.82 a	4.6 a	16.8 a	79.4 b	0.2 a	0.4 a	0.2 a	19.8 a
			1	1.11 a	16.2 a	0.60 b	3.53 a	4.6 a	14.6 b	–	–	–	–	–
			2	1.08 a	16.5 a	0.59 b	3.56 a	5.1 a	14.4 b	80.5 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	18.6 b
		กล่อง+ถุงพลาสติก	0	1.09 a	17.8 a	0.72 a	3.82 a	4.6 a	16.8 a	79.4 a	0.2 a	0.4 a	0.2 a	19.8 a
			1	1.11 a	15.4 a	0.57 b	3.71 a	3.7 a	13.9 b	80.0 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	19.1 a
		กล่อง+ถุงพลาสติก+สารดูดเอทธิลีน	0	1.09 a	17.8 a	0.72 a	3.82 a	4.6 a	16.8 a	79.4 a	0.2 a	0.4 a	0.2 a	19.8 a
			1	1.11 a	16.1 a	0.62 a	3.65 a	4.2 a	14.5 a	79.9 a	0.2 a	0.5 b	0.2 a	19.2 a

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ระดับสีผิว	อุณหภูมิที่เก็บรักษา	วิธีการดัดแปลงบรรยากาศ	เวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	กรดแอสคอบิก มก./100 กรัมเนื้อ	ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°บริกซ์)	กรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (ร้อยละ)	ความเป็นกรดด่าง (pH)	น้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	น้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ)	ไปรตีน (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละ)	คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)
3	10°ซ	กล่อง	0	1.08 a	17.0 a	0.71 a	3.96 a	4.5 a	15.8 a	80.0 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	19.1 a
			1	1.15 a	17.9 a	0.60 a	3.59 a	3.9 a	14.8 a	–	–	–	–	–
			2	1.08 a	16.9 a	0.62 a	3.56 a	5.0 a	14.7 a	80.4 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	18.7 a
		กล่อง+ถุงพลาสติก	0	1.08 a	17.0 a	0.71 a	3.96 a	4.5 a	15.8 a	80.0 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	19.1 a
			1	1.08 a	16.7 a	0.66 a	3.53 b	4.4 a	14.9 a	–	–	–	–	–
			2	1.06 a	17.2 a	0.67 a	3.46 b	4.4 a	14.9 a	–	–	–	–	–
			3	1.07 a	16.7 a	0.65 a	3.43 b	4.6 a	15.0 a	–	–	–	–	–
			4	1.07 a	15.9 a	0.63 a	3.49 b	4.5 a	14.1 a	80.1 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	19.0 a
		กล่อง+ถุงพลาสติก+สารดูดเอทธิลีน	0	1.08 a	17.0 a	0.71 a	3.96 a	4.5 a	15.8 a	80.0 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	19.1 a
			1	1.08 a	16.8 a	0.69 ab	3.44 c	3.9 a	15.3 a	–	–	–	–	–
			2	1.08 a	16.9 a	0.65 abc	3.54 bc	4.3 a	15.1 a	–	–	–	–	–
			3	1.08 a	16.1 a	0.60 c	3.56 bc	4.7 a	14.4 a	–	–	–	–	–
			4	1.08 a	15.7 a	0.62 bc	3.74 ab	4.5 a	14.3 a	–	–	–	–	–
			5	1.06 a	16.9 a	0.62 bc	3.76 ab	5.3 a	15.4 a	80.2 a	0.2 a	0.4 a	0.2 a	19.0 a
	ห้อง (28±1°ซ)	กล่อง	0	1.08 a	17.0 a	0.71 a	3.96 a	4.5 a	15.8 a	80.0 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	19.1 a
			1	1.07 a	17.4 a	0.67 a	3.43 b	4.8 a	15.0 a	–	–	–	–	–
			2	1.07 a	17.1 a	0.61 a	3.52 b	5.1 a	14.4 a	80.4 a	0.2 a	0.4 a	0.2 a	18.8 a
		กล่อง+ถุงพลาสติก	0	1.08 a	17.0 a	0.71 a	3.96 a	4.5 a	15.8 a	80.0 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	19.1 a
			1	1.12 a	16.2 a	0.65 a	3.57 a	4.0 a	14.1 a	80.3 a	0.2 a	0.4 a	0.2 a	18.9 a
		กล่อง+ถุงพลาสติก+สารดูดเอทธิลีน	0	1.08 a	17.0 a	0.71 a	3.96 a	4.5 a	15.8 a	80.2 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	19.1 a
			1	1.09 a	15.4 a	0.61 a	3.71 a	4.3 a	14.4 a	80.8 a	0.2 a	0.4 a	0.2 a	18.4 b

* ค่าในสดมภ์เดียวกันของแต่ละชุดการทดลองที่มีอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

– ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด กรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก ความเป็นกรดด่าง น้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลทั้งหมด พบว่า โดยส่วนใหญ่แล้วมังคุดในชุดการทดลองนี้หลังการเก็บรักษามีองค์ประกอบทางเคมีเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปจากหลังเก็บเกี่ยวเพียงเล็กน้อย ซึ่งมีปริมาณกรดแอสคอบิก 1.05-1.15 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมเนื้อมังคุด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 15.0-17.9 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริกร้อยละ 0.51-0.72 ความเป็นกรดด่าง 3.35-3.96 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 3.6-5.7 และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมีร้อยละ 12.7-16.8 โดยพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด กรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก และน้ำตาลทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำตาลและกรดบางส่วนถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ (Patterson, 1970) สำหรับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น ซึ่ง Kawamata (1977) ให้เหตุผลว่าเกิดจากการสลายตัวของน้ำตาลซูโครสในมังคุดโดยกระบวนการย่อยสลาย (hydrolysis) ได้เป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรักโตสเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นน้ำตาลรีดิวซ์

ตอนที่ 2 การศึกษาผลของการลดอุณหภูมิและความเข้มข้นของสารโปตัสเซียม-เปอร์มังกาเนตต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลมังคุดโดยการดัดแปลงบรรยากาศ

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยคัดเลือกผลการทดลองที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองตอนที่ 1 อันได้แก่ การเก็บรักษาโดยใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูก ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ได้ผลดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ

การเปลี่ยนแปลงสีผิว พบว่า มังคุดแต่ละระดับสีที่เก็บรักษาในบรรยากาศดัดแปลงที่มีปริมาณสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตในระดับต่าง ๆ กัน (4, 6 และ 8 กรัม ต่อมังคุด 20 ผล) ให้ผลการเปลี่ยนแปลงสีผิวไม่แตกต่างกันทางสถิติ สำหรับการทดลองที่มีการลดและไม่มีการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา ให้ผลในการเปลี่ยนแปลงสีผิวของชุดการทดลองโดย

ส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 11 และตารางผนวกที่ 8) โดยมังคุดระดับสีที่ 1 ทุกชุดการทดลองภายหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ยังมีสีผิวเป็นสีเหลือง-อ่อนอมชมพู ในขณะที่มังคุดระดับสีที่ 2 ทุกชุดการทดลองเปลี่ยนเป็นสีชมพูสม่ำเสมอถึงแดง และมังคุดระดับสีที่ 3 ทุกชุดการทดลองเปลี่ยนเป็นสีแดงหมด ดังนั้นการใช้ความเข้มข้นของสารโปตัสเซียมเบอร์มังกาเนตในปริมาณ 4 กรัม ต่อ มังคุด 20 ผล จึงเป็นการเพียงพอในการดูดซับก๊าซเอทธิลีนส่วนเกินที่มังคุดผลิตออกมาและสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวได้ดี สำหรับการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวของชุดการ-ทดลองโดยส่วนใหญ่ ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่ต่ำเพียงพอกับการลดการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ก๊าซเอทธิลีนและการสังเคราะห์แอนโธไซยานินด้วย (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2531 ก; Riov,*et al.*, 1969; Faragher and Brohier, 1984) จึงสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวได้โดยไม่ต้องมีการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา

สำหรับความสดของกลีบเลี้ยงและการสูญเสียน้ำหนักก็พบว่า การใช้ปริมาณสารโปตัสเซียมเบอร์มังกาเนตระดับต่าง ๆ กันในบรรยากาศดัดแปลงมีผลต่อการรักษาความสดของกลีบเลี้ยงและการสูญเสียน้ำหนักของมังคุดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 12, 13 และตารางผนวกที่ 9 และ 10) ทั้งนี้เนื่องจากการสูญเสียน้ำหนักของผลิตผลถูกควบคุมโดยปัจจัยหลัก คืออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เท่านั้น (อนวัช สุวรรณทุล, 2531; Mitchell,*et al.*, 1972; Berg and Lentz, 1978) และการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษาก็ไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักเช่นเดียวกัน แต่มีผลต่อความสดของกลีบเลี้ยง ซึ่งเห็นได้จากมังคุดที่มีการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษาพบว่ากลีบเลี้ยงมีรอยขีดข่วนสีน้ำตาล สันนิษฐานว่าเป็นสาเหตุมาจากความเย็นที่ใช้ในการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา ซึ่งมีผลต่อการทำลายเนื้อเยื่อเซล์ลที่ผิวผลและผิวกลีบเลี้ยงและเมื่อเก็บรักษาไว้นานถึง 6 สัปดาห์จะเห็นได้ชัดเจนขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ เบญจมาส รัตนชินกร และคณะ (2527) ที่พบว่า มังคุดที่มีการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษาจะเกิดอาการ chilling injury สังเกตได้จากกลีบเลี้ยงของมังคุดเกิดเป็นจุดสีน้ำตาล นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นผลมังคุดมีความสดของกลีบเลี้ยงลดลงและสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ตารางที่ 11 คะแนนระดับสีผิวของผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตแตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลง* ที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา

ระดับสีผิว	การลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	ปริมาณสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนต (กรัม/มังคุด 20 ผล)	คะแนนระดับสีผิว** (0-6) ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์) 0	4	5	6
1	ไม่มีการลดอุณหภูมิ	4	1.0 c,y	2.0 c,x	2.0 d,x	2.5 b,x
		6	1.0 c,y	2.0 c,x	2.0 d,x	2.5 b,x
		8	1.0 c,y	2.0 c,x	2.0 d,x	2.5 b,x
	ลดอุณหภูมิเหลือ 10°ซ	4	1.0 c,y	2.0 c,x	2.0 d,x	2.5 b,x
		6	1.0 c,y	2.0 c,x	2.0 d,x	2.5 b,x
		8	1.0 c,y	2.0 c,x	2.0 d,x	2.5 b,x
2	ไม่มีการลดอุณหภูมิ	4	2.0 b,y	3.0 b,x	3.5 b,x	3.5 a,x
		6	2.0 b,y	3.0 b,x	3.5 b,x	3.5 a,x
		8	2.0 b,z	3.0 b,y	3.5 b,xy	4.0 a,x
	ลดอุณหภูมิเหลือ 10°ซ	4	2.0 b,z	2.5 bc,yz	3.0 c,xy	3.5 a,x
		6	2.0 b,z	2.5 bc,yz	3.0 c,xy	3.5 a,x
		8	2.0 b,y	3.0 b,x	3.0 c,x	3.5 a,x
3	ไม่มีการลดอุณหภูมิ	4	3.0 a,y	4.0 a,x	4.0 a,x	4.0 a,x
		6	3.0 a,y	4.0 a,x	4.0 a,x	4.0 a,x
		8	3.0 a,y	4.0 a,x	4.0 a,x	4.0 a,x
	ลดอุณหภูมิเหลือ 10°ซ	4	3.0 a,y	4.0 a,x	4.0 a,x	4.0 a,x
		6	3.0 a,y	4.0 a,x	4.0 a,x	4.0 a,x
		8	3.0 a,y	4.0 a,x	4.0 a,x	4.0 a,x

* บรรยากาศดัดแปลงโดยใช้สารดูดก๊าซเอทิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูก ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

** ตัวอักษร a,b,c,d ในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ตัวอักษร x,y,z ในแนวนอนของแต่ละชุดการทดลองที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

คะแนน 0 = ขาวอมเหลือง, 1 = เหลืองอ่อนอมเขียว มีจุดประสีชมพูกระจัดกระจายในบางส่วนของผล, 2 = เหลืองอ่อนอมชมพู มีจุดประสีชมพูกระจัดกระจายเกือบทั่วผล, 3 = ชมพูสม่ำเสมอ จุดประสีชมพูขยายเข้ามารวมกัน, 4 = แดงหรือน้ำตาลอมแดง, 5 = ม่วงอมแดง, 6 = ม่วงถึงดำ

ตารางที่ 12 คะแนนความสดของกลีบเลี้ยงผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษา โดยใช้ปริมาณสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตแตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลง* ที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา

ระดับสีผิว	การลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	ปริมาณสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนต (กรัม/มังคุด 20 ผล)	คะแนนความสดของกลีบเลี้ยง** (1-3) ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์) 0	4	5	6
1	ไม่มีการลดอุณหภูมิ	4	1.0 a,y	1.5 b,y	2.0 ab,y	3.0 a,x
		6	1.0 a,y	1.0 c,y	1.5 bc,y	3.0 a,x
		8	1.0 a,y	1.0 c,y	1.3 c,y	3.0 a,x
	ลดอุณหภูมิเหลือ 10 °ซ	4	1.0 a,y	2.0 a,x	2.5 a,x	3.0 a,x
		6	1.0 a,y	2.0 a,x	2.5 a,x	3.0 a,x
		8	1.0 a,y	1.5 b,y	2.0 ab,y	3.0 a,x
2	ไม่มีการลดอุณหภูมิ	4	1.0 a,x	1.5 b,x	1.5 bc,x	2.0 d,x
		6	1.0 a,x	1.5 b,x	1.5 bc,x	2.0 d,x
		8	1.0 a,x	1.5 b,x	2.0 ab,x	2.0 d,x
	ลดอุณหภูมิเหลือ 10 °ซ	4	1.0 a,x	2.0 a,y	2.3 a,y	3.0 a,x
		6	1.0 a,x	2.0 a,x	2.5 a,x	3.0 a,x
		8	1.0 a,x	2.0 a,y	2.3 a,y	3.0 a,x
3	ไม่มีการลดอุณหภูมิ	4	1.0 a,x	1.5 b,x	1.5 bc,x	2.0 d,x
		6	1.0 a,x	1.5 b,x	2.3 a,x	2.3 c,x
		8	1.0 a,x	1.5 b,y	2.0 ab,xy	2.5 b,x
	ลดอุณหภูมิเหลือ 10 °ซ	4	1.0 a,z	2.0 a,y	2.0 ab,y	3.0 a,x
		6	1.0 a,z	2.0 a,y	2.0 ab,y	3.0 a,x
		8	1.0 a,z	2.0 a,y	2.0 ab,y	3.0 a,x

* บรรยากาศดัดแปลงโดยใช้สารดูดก๊าซเอทิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูก ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

** ตัวอักษร a,b,c,d ในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)
ตัวอักษร x,y,z ในแนวนอนของแต่ละชุดการทดลองที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

ระดับคะแนน 1 = กลีบเลี้ยงสีเขียวหรือเขียวปนแดง ค่อนข้างสด
2 = กลีบเลี้ยงสีเขียวออกน้ำตาล เหี่ยวเล็กน้อย
3 = กลีบเลี้ยงสีเขียวออกน้ำตาลหรือสีน้ำตาล เหี่ยวมาก

ตารางที่ 13 การสูญเสียน้ำหนักของผลมังคุดที่เก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสารโปตัสเซียม-เปอร์มังกาเนตระดับแตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลง* ที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา

ระดับสีผิว	การลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	ปริมาณสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนต (กรัม/มังคุด 20 ผล)	การสูญเสียน้ำหนัก** (ร้อยละ) ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์) 4	5	6
1	ไม่มีการลดอุณหภูมิ	4	0.3 x	0.4 x	0.5 x
		6	0.2 x	0.3 x	0.4 x
		8	0.2 y	0.3 y	0.5 x
	ลดอุณหภูมิเหลือ 10°ซ	4	0.3 y	0.5 x	0.6 x
		6	0.2 y	0.5 x	0.7 x
		8	0.2 y	0.4 xy	0.6 x
2	ไม่มีการลดอุณหภูมิ	4	0.3 x	0.4 x	0.5 x
		6	0.3 x	0.4 x	0.4 x
		8	0.3 y	0.4 y	0.6 x
	ลดอุณหภูมิเหลือ 10°ซ	4	0.3 y	0.3 y	0.5 x
		6	0.2 y	0.4 x	0.5 x
		8	0.2 y	0.3 y	0.5 x
3	ไม่มีการลดอุณหภูมิ	4	0.3 x	0.4 x	0.5 x
		6	0.2 x	0.3 x	0.4 x
		8	0.2 y	0.3 y	0.5 x
	ลดอุณหภูมิเหลือ 10°ซ	4	0.2 y	0.3 y	0.5 x
		6	0.2 y	0.3 y	0.6 x
		8	0.2 y	0.3 y	0.5 x

* บรรยากาศดัดแปลงโดยใช้สารดูดก๊าซเอทิธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูกที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

** ค่าในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)
ตัวอักษร x,y ในแนวนอนของแต่ละชุดการทดลองที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

ส่วนปริมาณผลเสีย พบว่ามังคุดทั้ง 3 ระดับสีที่มีการใช้ปริมาณสารโปตัสเซียม-เปอร์มังกาเนตระดับต่าง ๆ ในบรรยากาศดัดแปลงไม่มีผลต่อปริมาณผลเสีย แต่การลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณผลเสียของมังคุดทั้ง3 ระดับสี (ตารางที่ 14 และตารางผนวกที่ 11) ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในสัปดาห์ที่ 6 ของการเก็บรักษา พบว่าชุดการทดลองที่มีการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษาของมังคุดทั้ง 3 ระดับสีเกิดผลเสียหมดทุกผล ในขณะที่ชุดการทดลองที่ไม่มีการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษามีผลเสียน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) และเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นทุกชุดการทดลองมีปริมาณผลเสียเพิ่มขึ้น ซึ่งผลเสียที่เกิดขึ้นมีอาการเหมือนกันหมด คือ เป็นจุดสีน้ำตาลที่เปลือกผลและเกิดอาการเปลือกแข็งที่จุดสีน้ำตาลนั้นจนกระทั่งทั่วทั้งผลเมื่ออาการรุนแรงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษามังคุดมีการสัมผัสกับความเย็นจากน้ำเย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 1±1 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจจะต่ำเกินไปจนเกิดความเสียหายกับเนื้อเยื่อเซล์ล โดยสังเกตจากที่ผิวผลและกลีบเลี้ยงของมังคุดจะมีรอยยีดช่วนสีน้ำตาลทุก ๆ ผล หลังจากที่มีการลดอุณหภูมิให้เหลือ 10 องศาเซลเซียส ก่อนการเก็บรักษา ซึ่งเห็นได้ชัดเจนที่สุดในมังคุดระดับสีที่ 1 และเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นจะปรากฏอาการนี้ชัดเจนขึ้น และอาจจัดได้ว่าเป็นอาการของ chilling injury เช่นเดียวกัน (Morris, 1982) นอกจากนี้ยังพบว่ามังคุดระดับสีที่ 1 เกิด chilling injury ปริมาณสูงกว่ามังคุดระดับสีที่ 2 และ 3 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Wang (1982) ที่ว่า ผลไม้ที่มีอายุน้อยมักจะเกิดอาการ chilling injury ได้ง่ายกว่าผลสุกหรือผลที่มีอายุมากกว่า

2. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัส

หลังการเก็บเกี่ยวได้ทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสของเนื้อมังคุดทั้ง 3 ระดับสี พบว่าให้ผลเหมือนกับการทดลองตอนที่ 1 คือมังคุดระดับสีที่ 3 ได้รับคะแนนการยอมรับด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัสและคุณลักษณะรวมสูงที่สุด รองลงมาคือระดับสีที่ 2 และระดับสีที่ 1 ตามลำดับ เมื่อนำมาเก็บรักษาโดยการใช้ปริมาณสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตระดับต่าง ๆ ในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา พบว่า มังคุดระดับสีที่ 1 ทุกชุดการทดลองให้ผลไม่แตกต่างกัน คือ ไม่มีการสุกเกิดขึ้น (สีผิวยังไม่พัฒนาถึงระดับที่สามารถรับประทานได้) มีปริมาณยางในเปลือกมาก เนื้อสัมผัสค่อนข้างแข็ง ดังรูปที่ 19 (A)

ตารางที่ 14 ปริมาณผลเสียของมังคุดที่เก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนต แตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลง* ที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา

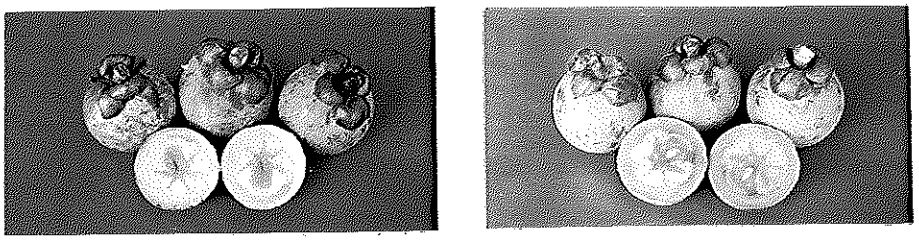
ระดับสีผิว	การลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	ปริมาณสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนต (กรัม/มังคุด 20 ผล)	ปริมาณผลเสีย** (ร้อยละ) ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์) 4	5	6
1	ไม่มีการลดอุณหภูมิ	4	15.0 a,z	47.5 b,y	72.5 b,x
		6	20.5 a,y	45.0 b,y	82.5 b,x
		8	17.5 a,z	50.0 b,y	77.5 b,x
	ลดอุณหภูมิเหลือ 10°ซ	4	20.0 a,z	67.5 a,y	100.0 a,x
		6	22.5 a,z	67.5 a,y	100.0 a,x
		8	17.5 a,z	70.0 a,y	100.0 a,x
2	ไม่มีการลดอุณหภูมิ	4	12.5 a,y	17.5 c,y	57.5 c,x
		6	17.5 a,y	25.0 c,y	55.0 c,x
		8	12.5 a,y	22.5 c,y	50.0 c,x
	ลดอุณหภูมิเหลือ 10°ซ	4	17.5 a,y	22.5 c,y	100.0 a,x
		6	12.5 a,y	27.5 c,y	100.0 a,x
		8	12.5 a,y	27.5 c,y	100.0 a,x
3	ไม่มีการลดอุณหภูมิ	4	10.0 a,y	12.5 c,y	52.5 c,x
		6	7.5 a,y	15.0 c,y	57.5 c,x
		8	17.5 a,y	17.5 c,y	60.0 c,x
	ลดอุณหภูมิเหลือ 10°ซ	4	12.5 a,y	20.0 c,y	100.0 a,x
		6	15.0 a,y	17.5 c,y	100.0 a,x
		8	17.5 a,y	20.0 c,y	100.0 a,x

* บรรยากาศดัดแปลงโดยใช้สารดูดก๊าซเอทิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูก ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

** ตัวอักษร a,b,c ในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)
ตัวอักษร x,y,z ในแนวนอนของแต่ละชุดการทดลองที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

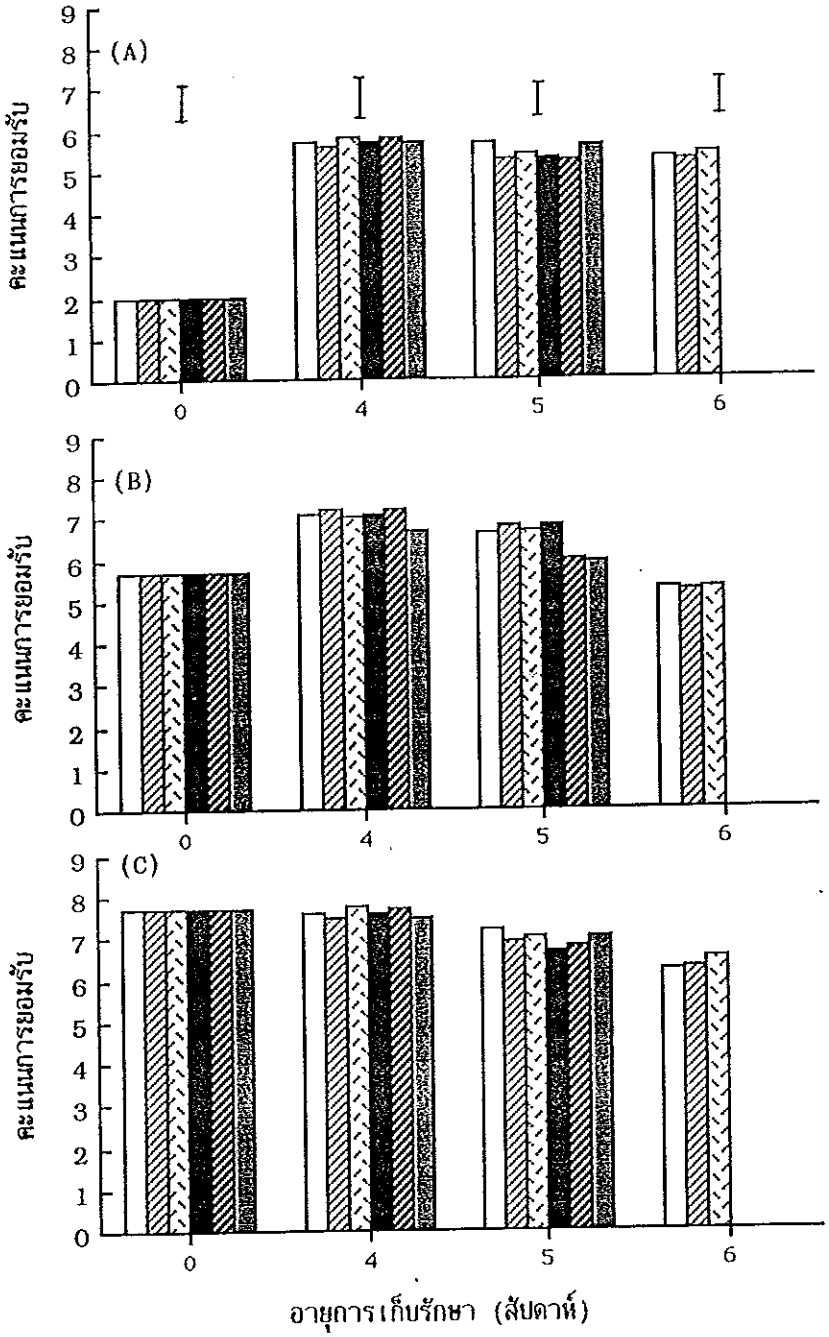
และ (B) ดังนั้นจึงนำมาบ่มต่อด้วยก๊าซอะเซทิลีนที่อุณหภูมิห้อง พบว่า สามารถเปลี่ยนสีผิวเป็นสีม่วงแดงสม่ำเสมอได้เมื่อบ่มไว้นาน 7 วัน ทำให้ยางภายในเปลือกลดลง เนื้อมีสีขาวนวลและนุ่มขึ้น ซึ่งปรากฏดังรูปที่ 19 (ค) แล้วจึงนำมาประเมินผลทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับมังคุดระดับสีที่ 2 และ 3 ที่เก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตแตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา ซึ่งให้ผลดังรูปที่ 20, 21, 22 และ 23 และตารางผนวกที่ 12, 13, 14 และ 15 ซึ่งพบว่าการใช้ปริมาณสาร-โปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตระดับต่าง ๆ ในบรรยากาศดัดแปลงและการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษาไม่มีผลต่อคะแนนการยอมรับด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะรวมของมังคุดทั้ง 3 ระดับสีในแต่ละสัปดาห์ โดยมังคุดระดับสีที่ 1 มีคะแนนการยอมรับในด้านต่าง ๆ อยู่ในระดับเฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อยตลอดช่วงการเก็บรักษา 4-6 สัปดาห์ เนื่องจากการบ่มช่วยให้มังคุดสามารถพัฒนาสีผิวจากระดับสีที่ 1 เป็นระดับสีที่ 5 ได้ ซึ่งสามารถรับประทานได้ แต่ในสัปดาห์ที่ 6 ของการเก็บรักษาในชุดการทดลองที่มีการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษาเกิดผลเสียหมดทุกผลจึงไม่สามารถประเมินผลทางประสาทสัมผัสได้ สำหรับมังคุดระดับสีที่ 2 หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีแนวโน้มของคะแนนการยอมรับในทุก ๆ ด้านสูงกว่าหลังการเก็บเกี่ยวเล็กน้อย คือ มีคะแนนการยอมรับอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง เนื่องจากมังคุดมีการสุกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จากนั้นคะแนนการยอมรับในทุก ๆ ด้านมีแนวโน้มค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งคะแนนการยอมรับด้านคุณลักษณะรวมต่ำกว่า 5 ในสัปดาห์ที่ 6 นั่นคือสามารถเก็บรักษาได้เพียง 5 สัปดาห์ ยกเว้นชุดการทดลองที่มีการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษาเกิดผลเสียหมดทุกผลไม่สามารถประเมินผลได้เช่นเดียวกับมังคุดระดับสีที่ 1 ส่วนมังคุดระดับสีที่ 3 หลังจากเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์พบว่า ทุกชุดการทดลองยังมีคะแนนการยอมรับในทุก ๆ ด้านใกล้เคียงกับมังคุดหลังการเก็บเกี่ยว คืออยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก หลังจากนั้นคะแนนการยอมรับลดลงเพียงเล็กน้อยจนกระทั่งถึงสัปดาห์ที่ 6 ชุดการทดลองที่ไม่มีการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษายังมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ในขณะที่ชุดการทดลองที่มีการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษาไม่สามารถประเมินผลทางประสาทสัมผัสได้ เนื่องจากเกิดผลเสียหมดทุกผล

(A) (B)



(C)

รูปที่ 19 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลมังคุดระดับสีที่ 1 หลังการเก็บรักษาโดยการใช้สาร $KMnO_4$ ปริมาณ 4-8 กรัม/มังคุด 20 ผลในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา (A) และไม่มีการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา (B) เป็นเวลา 4-6 สัปดาห์ และหลังการบ่มด้วยก๊าซอะเซทิลีนที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน (C)



รูปที่ 20 คะแนนการยอมรับด้านสีของเนื้อมังคุดระดับสีที่ 1(A),ระดับสีที่ 2(B) และระดับสีที่ 3(C) หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้บริมาณสาร $KMnO_4$ ระดับต่าง ๆ ในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา :

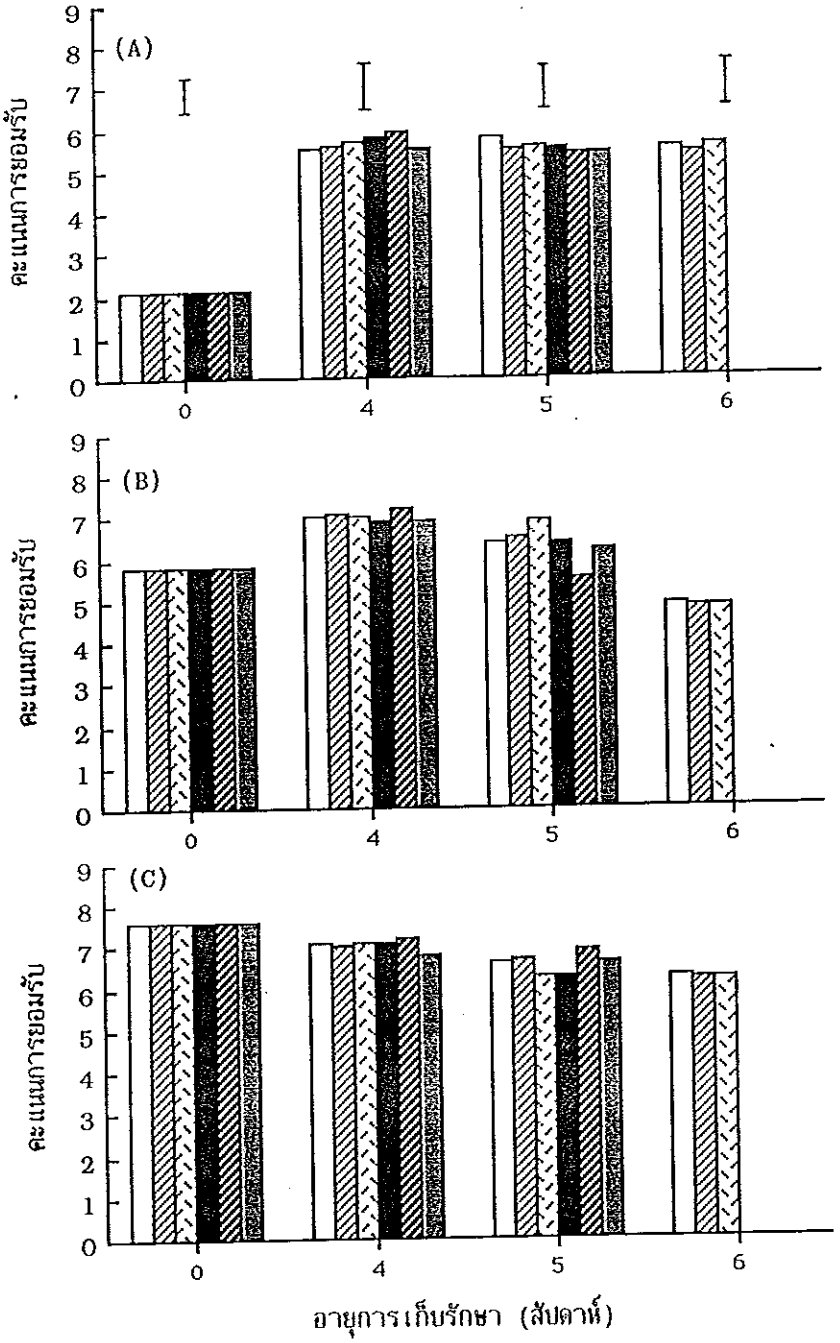
□=4 กรัม/มังคุด 20 ผล,ไม่ลดอุณหภูมิ ■=4 กรัม/มังคุด 20 ผล,ลดอุณหภูมิ

▨=6 กรัม/มังคุด 20 ผล,ไม่ลดอุณหภูมิ ▨=6 กรัม/มังคุด 20 ผล,ลดอุณหภูมิ

☑=8 กรัม/มังคุด 20 ผล,ไม่ลดอุณหภูมิ ▩=8 กรัม/มังคุด 20 ผล,ลดอุณหภูมิ

(คะแนนสูงสุด คือ 9=ชอบมากที่สุด,...,คะแนนต่ำสุด คือ 1=ไม่ชอบมากที่สุด)

I = LSD 0.05



รูปที่ 21 คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสของเนื้อมังคุดระดับสีที่ 1(A),ระดับสีที่ 2(B) และระดับสีที่ 3(C) หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ ระดับต่างๆในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา :

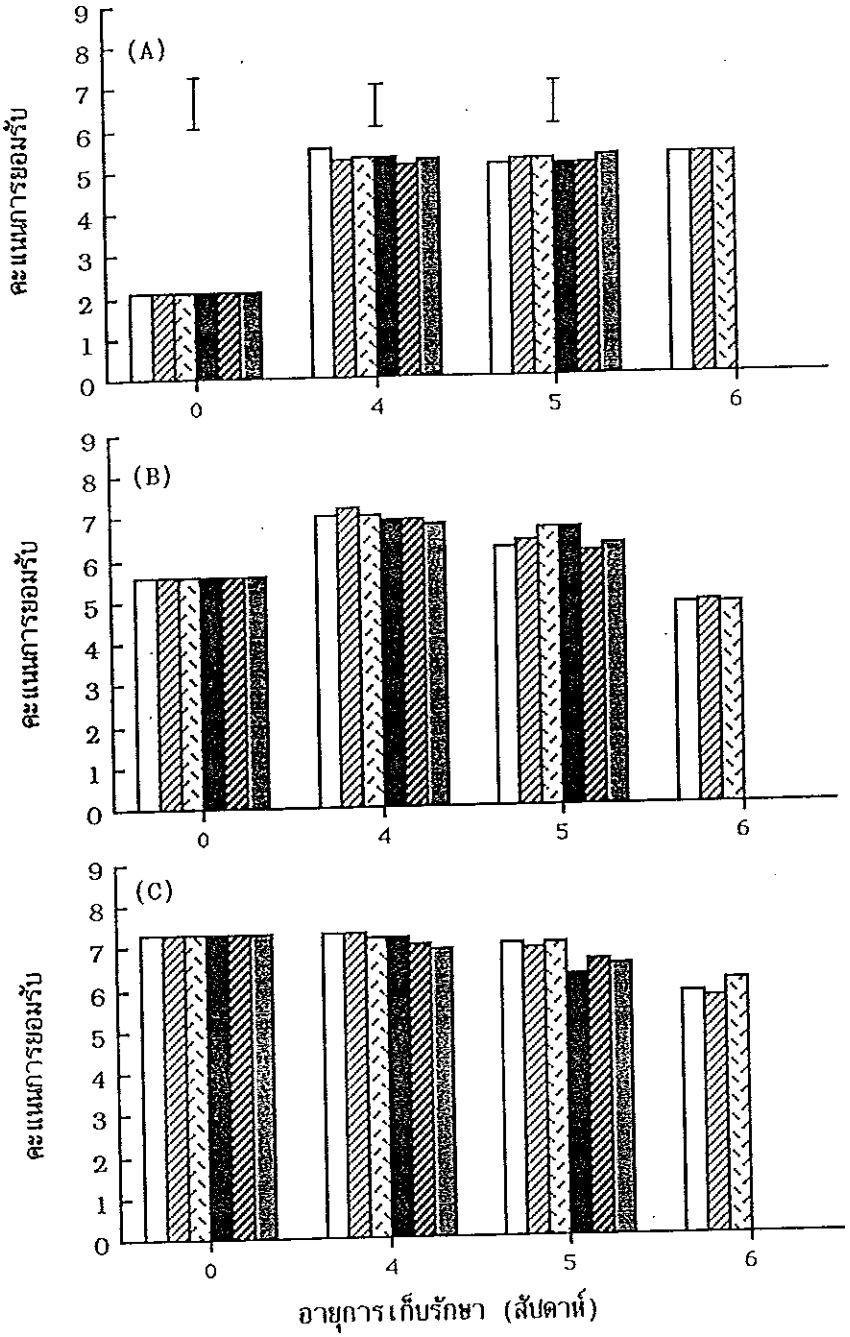
□ =4 กรัม/มังคุด 20 ผล,ไม่ลดอุณหภูมิ ■ =4 กรัม/มังคุด 20 ผล,ลดอุณหภูมิ

▨ =6 กรัม/มังคุด 20 ผล,ไม่ลดอุณหภูมิ ▨ =6 กรัม/มังคุด 20 ผล,ลดอุณหภูมิ

▨ =8 กรัม/มังคุด 20 ผล,ไม่ลดอุณหภูมิ ▨ =8 กรัม/มังคุด 20 ผล,ลดอุณหภูมิ

(คะแนนสูงสุด คือ 9=ชอบมากที่สุด,...,คะแนนต่ำสุด คือ 1=ไม่ชอบมากที่สุด)

I = LSD 0.05



รูปที่ 22 คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อมังคุดระดับสีที่ 1(A),ระดับสีที่ 2(B) และระดับสีที่ 3(C) หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ ระดับต่าง ๆ ในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา :

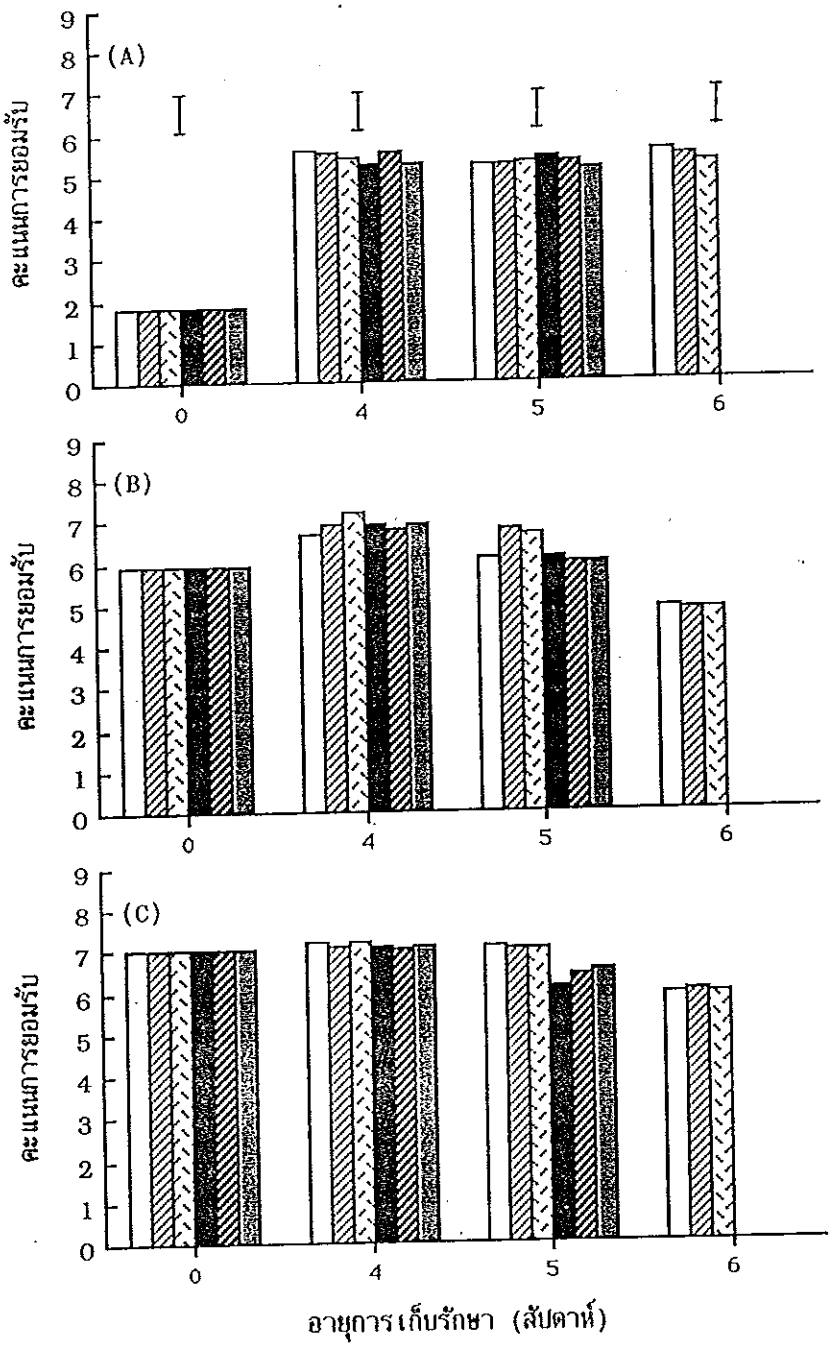
□=4 กรัม/มังคุด 20 ผล,ไม่ลดอุณหภูมิ ■=4 กรัม/มังคุด 20 ผล,ลดอุณหภูมิ

▨=6 กรัม/มังคุด 20 ผล,ไม่ลดอุณหภูมิ ▨=6 กรัม/มังคุด 20 ผล,ลดอุณหภูมิ

▨=8 กรัม/มังคุด 20 ผล,ไม่ลดอุณหภูมิ ▨=8 กรัม/มังคุด 20 ผล,ลดอุณหภูมิ

(คะแนนสูงสุด คือ 9=ชอบมากที่สุด,...,คะแนนต่ำสุด คือ 1=ไม่ชอบมากที่สุด)

I= LSD 0.05



รูปที่ 23 คะแนนการยอมรับด้านคุณลักษณะรวมของเนื้อมังคุดระดับสีที่ 1(A),ระดับสีที่ 2(B) และ ระดับสีที่ 3(C) หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้บริมาณสาร $KMnO_4$ ระดับต่าง ๆ ในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา :

□ =4 กรัม/มังคุด 20 ผล,ไม่ลดอุณหภูมิ ■ =4 กรัม/มังคุด 20 ผล,ลดอุณหภูมิ

▨ =6 กรัม/มังคุด 20 ผล,ไม่ลดอุณหภูมิ ▨ =6 กรัม/มังคุด 20 ผล,ลดอุณหภูมิ

▩ =8 กรัม/มังคุด 20 ผล,ไม่ลดอุณหภูมิ ▩ =8 กรัม/มังคุด 20 ผล,ลดอุณหภูมิ

(คะแนนสูงสุด คือ 9=ชอบมากที่สุด,...,คะแนนต่ำสุด คือ 1=ไม่ชอบมากที่สุด)

I = LSD 0.05

หากพิจารณาถึงคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในทุก ๆ ด้านของมังคุดทั้ง 3 ระดับสี พบว่า มังคุดระดับสีที่ 1 ทุกชุดการทดลองที่เก็บรักษาในช่วง 4-5 สัปดาห์ มีคะแนนการยอมรับต่ำกว่ามังคุดระดับสีที่ 2 และ 3 โดยเฉพาะในสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่ในสัปดาห์ที่ 6 ของการเก็บรักษาพบว่ามังคุดระดับสีที่ 2 มีคะแนนการยอมรับต่ำที่สุด สำหรับมังคุดระดับสีที่ 3 พบว่า มีแนวโน้มของการยอมรับในทุก ๆ ด้านสูงที่สุดในแต่ละสัปดาห์ของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามมังคุดระดับสีที่ 1 ทุกชุดการทดลองที่ไม่มีการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษาแม้ว่าสามารถเก็บรักษาได้นาน 6 สัปดาห์ แต่เมื่อพิจารณาถึงลักษณะปรากฏภายนอก ดังรูปที่ 19 (C) พบว่า หลังการบ่มให้สุกกลับเลี้ยงของมังคุดเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหมดทุกผลและมีเส้นใยของเชื้อราที่บริเวณขั้วผลและกลับเลี้ยงเล็กน้อย อีกทั้งมีปริมาณผลเสียสูงกว่ามังคุดระดับสีอื่น ๆ ส่วนมังคุดระดับสีที่ 3 ในชุดการทดลองที่ไม่มีการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษาแม้ว่าเก็บรักษาได้นาน 6 สัปดาห์ แต่มีปริมาณผลเสียสูงถึงร้อยละ 50-60 จึงไม่เป็นการคุ้มค่าในการเก็บรักษาไว้นานถึง 6 สัปดาห์ จึงควรเก็บรักษาเพียง 5 สัปดาห์เท่านั้น

3. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อมังคุดทั้ง 3 ระดับสี หลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตแตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษาให้ผลดังตารางที่ 15 พบว่ามังคุดทั้ง 3 ระดับสีมีองค์ประกอบทางเคมีหลักโดยส่วนใหญ่ค่อนข้างคงที่ ได้แก่ ปริมาณเถ้าร้อยละ 0.2 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.4-0.5 และปริมาณไขมันร้อยละ 0.2 ส่วนปริมาณความชื้นและคาร์โบไฮเดรตมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย กล่าวคือ มีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น เนื่องจากมังคุดมีการสุกเพิ่มขึ้นทำให้เนื้อมังคุดมีความนุ่มและฉ่ำน้ำมากขึ้น ซึ่งปริมาณความชื้นหลังการเก็บเกี่ยวมีร้อยละ 78.4, 79.4 และ 80.0 ในมังคุดระดับสีที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นมังคุดระดับสีที่ 1 (หลังการบ่ม) มังคุดระดับสีที่ 2 และ 3 มีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 80.1-80.9, 79.5-81.6 และ 79.5-80.3 ตามลำดับ และมีผลให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตมีสัดส่วนลดลง โดยหลังการเก็บเกี่ยวมังคุดระดับ

ตารางที่ 16 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสารไปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตแตกต่างกัน ในบรรยากาศดัดแปลง* ที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา

ระดับสีผิว	การลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	ปริมาณสารไปตัสเซียมเปอร์มังกาเนต (กรัม/มังคุด 20 ผล)	เวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	กรดแอสคอบิกของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มก./100 กรัมเนื้อ	กรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (°บริกซ์)	น้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	น้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ)	โปรตีน (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละ)	คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)
1**	ไม่มีการลดอุณหภูมิ	4	0	1.32 a***	18.0 a	0.65 a	3.7 a	17.4 a	78.4 b	0.2 a	0.5 a	0.2 a	20.7 a
			4	1.27 a	15.4 b	0.58 a	4.3 a	15.4 b	-	-	-	-	-
			5	1.26 a	15.3 b	0.56 a	4.4 a	15.0 b	-	-	-	-	-
			6	1.30 a	15.4 b	0.56 a	4.5 a	15.1 b	80.2 a	0.2 a	0.4 b	0.2 a	19.0 b
		6	0	1.32 a	18.0 a	0.65 a	3.7 b	17.4 a	78.4 b	0.2 a	0.5 a	0.2 a	20.7 a
			4	1.29 a	15.4 b	0.55 b	4.6 a	15.6 b	-	-	-	-	-
			5	1.31 a	15.5 b	0.56 b	4.6 a	15.2 b	-	-	-	-	-
			6	1.33 a	15.3 b	0.53 b	4.9 a	14.7 b	80.1 a	0.2 a	0.4 b	0.2 a	19.1 b
		8	0	1.32 a	18.0 a	0.65 a	3.7 b	17.4 a	78.4 b	0.2 a	0.5 a	0.2 a	20.7 a
			4	1.34 a	15.4 b	0.58 b	4.2 ab	15.7 b	-	-	-	-	-
			5	1.29 a	15.3 b	0.55 b	4.6 a	15.6 b	-	-	-	-	-
			6	1.29 a	15.5 b	0.55 b	4.5 a	15.2 b	80.3 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	18.8 b
	ลดอุณหภูมิเหลือ 10°ซ	4	0	1.32 a	18.0 a	0.65 a	3.9 b	17.4 a	78.4 b	0.2 a	0.5 a	0.2 a	20.7 a
			4	1.31 a	15.5 b	0.55 b	4.6 a	15.3 b	-	-	-	-	-
			5	1.29 a	15.5 b	0.53 b	4.7 a	15.2 b	80.9 a	0.2 b	0.5 a	0.2 a	18.2 b
		6	0	1.32 a	18.0 a	0.65 a	3.9 a	17.4 a	78.4 b	0.2 a	0.5 a	0.2 a	20.7 a
			4	1.35 a	15.4 b	0.56 b	4.0 a	15.1 b	-	-	-	-	-
			5	1.31 a	15.3 b	0.54 b	4.1 a	15.1 b	80.2 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	18.9 b
		8	0	1.32 a	18.0 a	0.65 a	3.9 a	17.4 a	78.4 b	0.2 a	0.5 b	0.2 a	20.7 a
			4	1.33 a	15.9 b	0.58 b	4.4 a	15.5 b	-	-	-	-	-
			5	1.30 a	15.5 b	0.55 b	4.6 a	15.0 b	80.2 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	18.9 b

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ระดับสีผิว	การลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	ปริมาณสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนต (กรัม/มังคุด 20 ผล)	เวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	กรดแอสคอบิกของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด มก./100 กรัมเนื้อ	ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°บริกซ์)	กรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (ร้อยละ)	น้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	น้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ)	โปรตีน (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละ)	คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)
2	ไม่มีการลดอุณหภูมิ	4	0	1.34 a	18.1 a	0.64 a	3.7 c	17.1 a	79.4 a	0.2 a	0.4 b	0.2 a	19.8 a
			4	1.26 a	18.7 a	0.58 b	4.1 bc	16.0 b	–	–	–	–	–
			5	1.35 a	16.9 b	0.55 b	4.6 ab	15.8 b	–	–	–	–	–
			6	1.36 a	16.6 b	0.51 c	4.9 a	15.1 b	79.5 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	19.6 a
		6	0	1.34 a	18.1 a	0.64 a	3.7 c	17.1 a	79.4 a	0.2 a	0.4 a	0.2 a	19.8 a
			4	1.26 a	17.5 a	0.57 b	4.2 b	15.4 b	–	–	–	–	–
			5	1.35 a	16.9 a	0.53 b	4.3 b	15.0 b	–	–	–	–	–
			6	1.35 a	16.7 a	0.52 b	4.9 a	14.9 b	79.5 a	0.2 a	0.4 a	0.2 a	19.7 a
		8	0	1.34 a	18.1 a	0.64 a	3.7 b	17.1 a	79.4 b	0.2 a	0.4 a	0.2 a	19.8 a
			4	1.30 a	18.3 a	0.54 b	4.3 ab	15.7 b	–	–	–	–	–
			5	1.40 a	17.1 b	0.51 bc	4.5 a	15.2 b	–	–	–	–	–
			6	1.36 a	16.9 b	0.48 c	4.7 a	14.9 b	80.6 a	0.2 a	0.4 a	0.2 a	18.6 b
	ลดอุณหภูมิเหลือ 10 °ซ	4	0	1.34 a	18.1 a	0.64 a	3.7 a	17.1 a	79.4 b	0.2 a	0.4 b	0.2 a	19.8 a
			4	1.35 a	17.6 ab	0.57 b	4.1 a	16.1 ab	–	–	–	–	–
			5	1.32 a	16.6 b	0.53 b	4.2 a	15.4 b	80.7 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	18.4 b
		6	0	1.34 a	18.1 a	0.64 a	3.7 b	17.1 a	79.4 b	0.2 a	0.4 b	0.2 a	19.8 a
			4	1.31 b	17.1 a	0.58 b	3.9 b	16.4 b	–	–	–	–	–
			5	1.30 b	16.6 a	0.53 c	4.6 a	15.3 c	81.6 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	17.5 b
		8	0	1.34 a	18.1 a	0.64 a	3.7 c	17.1 a	79.4 b	0.2 a	0.4 a	0.2 a	19.8 a
			4	1.30 a	17.3 a	0.55 b	4.3 b	16.9 a	–	–	–	–	–
			5	1.34 a	17.1 a	0.46 b	4.6 a	16.2 a	81.0 a	0.2 a	0.4 a	0.2 a	18.2 b

ตารางที่ 15 (ต่อ)

ระดับสีผิว	การลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา	ปริมาณสารไปตัสเซียมเปอร์มังกาเนต (กรัม/มังคุด 20 ผล)	เวลาเก็บรักษา (สัปดาห์)	กรดแอสคอบิก มก./100 กรัมเนื้อ	ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°บริกซ์)	กรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (ร้อยละ)	น้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ)	น้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)	ความชื้น (ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ)	โปรตีน (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละ)	คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)
3	ไม่มีการลดอุณหภูมิ	4	0	1.32 a	18.2 a	0.64 a	3.9 c	17.1 a	80.0 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	19.1 a
			4	1.27 a	17.6 a	0.59 ab	4.4 b	16.2 a	–	–	–	–	–
			5	1.35 a	17.5 a	0.56 b	4.7 ab	15.9 a	–	–	–	–	–
			6	1.37 a	17.2 a	0.54 b	4.8 a	15.3 a	80.3 a	0.2 a	0.4 b	0.2 a	18.9 a
		6	0	1.32 b	18.2 a	0.64 a	3.9 a	17.1 a	80.0 a	0.2 a	0.5 b	0.2 a	19.1 a
			4	1.39 a	17.3 b	0.55 b	4.5 a	15.7 a	–	–	–	–	–
			5	1.37 ab	16.8 c	0.54 b	4.5 a	15.6 a	–	–	–	–	–
			6	1.33 ab	16.7 c	0.52 b	4.8 a	15.4 a	80.2 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	18.9 a
		8	0	1.32 a	18.2 a	0.64 a	3.9 c	17.1 a	80.0 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	19.1 a
			4	1.33 a	16.9 b	0.54 b	4.0 c	16.1 ab	–	–	–	–	–
			5	1.37 a	16.6 b	0.54 ab	4.6 b	14.9 bc	–	–	–	–	–
			6	1.35 a	16.3 b	0.53 ab	5.0 a	14.3 c	79.9 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	19.2 a
	ลดอุณหภูมิเหลือ 10°ซ	4	0	1.32 a	18.2 a	0.64 a	3.9 b	17.1 a	80.0 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	19.1 a
			4	1.33 a	17.7 a	0.56 b	4.6 a	16.5 a	–	–	–	–	–
			5	1.31 a	17.1 a	0.56 b	4.7 a	16.2 a	80.2 a	0.2 a	0.4 a	0.2 a	19.0 a
		6	0	1.32 a	18.2 a	0.64 a	3.9 a	17.1 a	80.0 a	0.2 a	0.5 b	0.2 a	19.1 a
			4	1.34 a	17.6 b	0.57 b	4.0 a	16.3 b	–	–	–	–	–
			5	1.32 a	17.3 b	0.56 b	4.1 a	15.3 c	79.5 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	19.6 a
		8	0	1.32 b	18.2 a	0.64 a	3.9 a	17.1 a	80.0 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	19.1 a
			4	1.38 a	17.1 b	0.59 b	4.4 a	15.9 b	–	–	–	–	–
			5	1.32 b	16.9 b	0.56 b	4.6 a	15.4 b	80.1 a	0.2 a	0.5 a	0.2 a	19.0 a

* บรรยากาศดัดแปลงโดยใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูก ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

** บันทึกหลังจากเก็บรักษาและผ่านการบ่มด้วยก๊าซอะเซทิลีนที่อุณหภูมิห้อง

*** ค่าในสดมภ์เดียวกันของแต่ละชุดการทดลองที่มีอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$)

– ไม่ได้ทำการวิเคราะห์

สีที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 20.7, 19.8 และ 19.1 ตามลำดับ และเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้นมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตลดลงเหลือร้อยละ 18.2-19.1, 17.5-19.7 และ 18.9 - 19.6 ในมังคุดระดับสีที่ 1 (หลังบ่ม) มังคุดระดับสีที่ 2 และ 3 ตามลำดับ สำหรับองค์ประกอบทางเคมีอื่น ๆ ได้แก่ กรดแอสคอบิก ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด น้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลทั้งหมดของมังคุดทั้ง 3 ระดับสีหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษา พบว่า มีปริมาณกรดแอสคอบิก 1.26-1.40 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมเนื้อมังคุด ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 15.3-18.2 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก ร้อยละ 0.46-0.65 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 3.7-4.9 และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ร้อยละ 14.3-17.4 และพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด กรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก และน้ำตาลทั้งหมดมีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำตาลและกรดบางส่วนถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ (สายชล เกตุษา, 2528 ; Patterson, 1970) ในขณะที่น้ำตาลรีดิวซ์มีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากเกิดการสลายตัวของน้ำตาลซูโครสโดยกระบวนการย่อยสลายได้เป็นน้ำตาลกลูโคสและฟรักโตสเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ (Kawamata, 1977)

บทสรุป

จากการคัดเลือกระดับสีผิวของผลมังคุดที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวเพื่อการเก็บรักษาโดยวิธีดัดแปลงบรรยากาศ พบว่า มังคุดที่เก็บเกี่ยวในระยะที่มีจุดประสีชมพูกระจัดกระจายสม่ำเสมอทั่วผล (ระดับสีที่ 3) เป็นสีผิวที่เหมาะสมที่สุดที่สามารถเก็บรักษาได้นานที่สุดโดยการดัดแปลงบรรยากาศที่มีการใช้สารดูดก๊าซเอทธิลีนร่วมกับถุงพลาสติกและกล่องกระดาษลูกฟูก ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 5 สัปดาห์ โดยสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิว รักษาความสดของกลีบเลี้ยง ลดการสูญเสียน้ำหนัก และลดปริมาณผลเสียได้มาก โดยยังมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และมีแนวโน้มของการยอมรับทางด้าน สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะรวมสูงกว่ามังคุดระดับสีอื่น ๆ

ผลของการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษาและความเข้มข้นของสารโปตัสเซียมเปอร์-มังกาเนตต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลมังคุดโดยวิธีดัดแปลงบรรยากาศ พบว่า การใช้ปริมาณสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตต่าง ๆ กัน ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติในด้านการเปลี่ยนแปลงสีผิว ความสดของกลีบเลี้ยง การสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณผลเสีย และการยอมรับทางประสาทสัมผัส ดังนั้นการใช้ความเข้มข้นของสารโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตปริมาณ 4 กรัมต่อมังคุด 20 ผล ในการดูดก๊าซเอทธิลีนในบรรยากาศดัดแปลง จึงเป็นการเพียงพอต่อการเก็บรักษา ส่วนการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผิว การสูญเสียน้ำหนัก แต่มีผลทำให้กลีบเลี้ยงของมังคุดมีความสดลดลงมากกว่าการไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา และยังทำให้มังคุดเกิดผลเสียอันเนื่องมาจากความเย็นได้เร็วขึ้น มีผลให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง ดังนั้นการลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษาจึงไม่จำเป็น

มังคุดระดับสีที่ 1 หลังการเก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศในการทดลองนี้ไม่มีการพัฒนาสีผิวถึงระดับที่สามารถรับประทานได้ เมื่อนำไปบ่มต่อด้วยก๊าซอะเซทิลีนที่อุณหภูมิห้องสามารถเปลี่ยนสีผิวเป็นสีม่วงแดงได้โดยใช้เวลา 7 วันหลังจากเริ่มบ่ม ทำให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงขึ้นกว่าหลังการเก็บเกี่ยวแต่ยังต่ำกว่ามังคุดระดับสีที่ 2 และ 3 แต่ส่วนของขั้วผลและกลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และมีเส้นใยของเชื้อราปกคลุมอยู่เล็กน้อย ทำให้มังคุดระดับสีที่ 1 ไม่เหมาะในการเก็บรักษาเพื่อการจำหน่ายโดยวิธีดัดแปลงบรรยากาศ

สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อมังคุดที่เก็บรักษาโดยการดัดแปลงบรรยากาศ ส่วนใหญ่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด กรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก และน้ำตาลทั้งหมดลดลงเล็กน้อย ในขณะที่น้ำตาลรีดิวซ์มีปริมาณเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. การเก็บเกี่ยวผลมังคุดมาใช้ในการวิจัย ไม่ควรใช้ผลที่ตกกระทบพื้นมาปนโดยเด็ดขาด เพราะจะทำให้มังคุดเกิดความเสียหายที่ไม่ใช่สาเหตุมาจากปัจจัยในการทดลอง จะทำให้ข้อมูลผิดพลาดได้

2. การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวตามขั้นตอนการทดลองต้องรีบทำให้เร็วที่สุด เนื่องจากมังคุดมีการเปลี่ยนสีเร็วมาก ซึ่งจะทำให้ระดับสีผิวที่คัดเลือกไว้มีการเปลี่ยนแปลงและผิดเพี้ยนไปก่อนทำการทดลอง ดังนั้นควรเลือกเก็บเกี่ยวมังคุดจากสวนที่ไม่ไกลจากสถานที่ทดลองมากนัก โดยใช้เวลาในการขนส่งไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง และในขณะขนส่งไม่ควรให้ผลมังคุดได้รับอุณหภูมิสูง ซึ่งจะเป็นการเร่งการเปลี่ยนสีผิวเช่นเดียวกัน

3. ในขั้นตอนการบรรจุมังคุดตามชุดการทดลอง ต้องผึ่งให้ผิวแห้งหรือใช้พัดลมเป่าผิวมังคุดให้แน่ใจว่าแห้งสนิทดีแล้วจึงทำการบรรจุ เพราะไม่เช่นนั้นจะทำให้มีความชื้นสูงเกินไปและเกิดการเน่าเสียก่อนกำหนด

4. ในการเตรียมแท่งซอล์คที่ดูดซับสารละลายอิ่มตัวของโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตควรผึ่งให้แห้งก่อนการใช้เพื่อป้องกันความชื้นที่มากเกินไป และต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการดูดก๊าซเอทธิลีนได้สูงสุด

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2528. ความก้าวหน้าของวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชต่างๆ. เกษตรอุตสาหกรรม 1(48) : 6-8.

กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์. 2535. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกผลไม้ในช่วงแผนพัฒนา ฯ ฉบับที่ 6. อ้างโดย ฝ่ายวิเคราะห์ข้อมูลส่งเสริมการเกษตร. 2535. กองแผนงาน กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2527. เทคนิคการเก็บผลมังคุดและการบรรจุเพื่อการขนส่ง. รายงานการสัมมนาเรื่อง การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวของ ทุเรียน เงาะ และมังคุด ฝ่ายไม้ผล กองส่งเสริมพืชพันธุ์ กรมส่งเสริมการเกษตร ณ ห้องประชุมโรงแรมอิสเทอร์น จันทบุรี. 20 มิถุนายน 2527.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2534. รายงานสภาพการเพาะปลูกไม้ผลและไม้ยืนต้นประจำปีการเพาะปลูก 2531/2532 และ 2532/2533 ชื่อพืชมังคุด (mangosteen). กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

กวิศน์ วานิชกุล. 2522. การเจริญเติบโตของผลมังคุดและดัชนีการเก็บเกี่ยวและการเปลี่ยนแปลงหลังเก็บเกี่ยวของผลมังคุด. ปัญหาพิเศษปริญญาโท สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

กองการค้นคว้าและทดลอง กรมกสิกรรม. 2513. การทดลองเก็บรักษามังคุดในห้องเย็น. รายงานประจำปี 2513 กองการค้นคว้าและทดลอง กรมกสิกรรม กรุงเทพฯ. หน้า 18.

เกรียงศักดิ์ พฤกษากิจ. 2521. การบ่มผลไม้. รพช.แนะอาชีพ 2(24) : 63-69.

เกียรติ ลีละเศรษฐกุล และดารา พวงสุวรรณ. 2530. การปรับปรุงคุณภาพมังคุด. ว.เคหการเกษตร 11(127): 72-75.

จินตนา เขมาวุฒิ. 2531. สุกก่อนห่ามและห้ามไม่ให้สุก. ว.สสวท. 16(2): 43-46.

ชาติชาย พฤกษ์รัตนกุล , ธนาภรณ์ ตั้งวิสุทธิจิต , รจนา โรจน์วิโรจน์ , วสุ อมฤตสุทธิ์ และอนันชัย กิตติศรัณย์เลิศ. 2532. มังคุดเพื่อการส่งออก. ข่าวสารเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 34(4): 62-69.

โชค บุญทรง. 2532. ชาวสวนยิ้มฉลองมังคุดออกรับทรัพย์เละ. หนังสือพิมพ์เดลินิวส์. 17 เมษายน 2532. หน้า 13.

ดวงพร สุนทรมงคล, เกรียงศักดิ์ พฤกษากิจ, ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์ และสมชาญ เลิศปันณะพงศ์. 2518. การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับเก็บรักษาผลมังคุด. รายงานสรุปผลการทดลองพืชสวน 2518 กองพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 33.

ดุษณี กู้กุลประสงค์. 2527. ผลของถุงพลาสติกและสารดูดแก๊ซเอทธิลีนในการประวิงเวลาการสุกของกล้วยหอมทอง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 13 หน้า.

ทวีศักดิ์ วัฒนกูล. 2532. มังคุด:ราชินีแห่งผลไม้. ว.ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร เมษายน-กันยายน : 29-51.

ธนะชัย พันธ์เกษมสุข. 2531. การเจริญเติบโต ดัชนีการเก็บเกี่ยว การชะลอและเร่งการสุกของผลมะม่วง (*Mangifera indica* L.)พันธุ์เขียวเสวย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ธนาคารกสิกรไทย. 2531. การเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม : มังคุดไม้ผลที่ควรเร่งพัฒนา. สรุปข่าวธุรกิจ 19(23) : 1-4.

นิวัตน์ พรหมแพทย์. 2533. มังคุดเพื่อการส่งออก. ชมรมผลไม้แห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ.

เบญจมาส รัตนชินกร, ไพโรจน์ มาศผล, ประกิจ ดวงพิกุล, สณฑรรศน์ นันทะไชย, ทองอยู่ ปิ่นทอง และหิรัญ หิรัญประดิษฐ์. 2527. การศึกษาการลดอุณหภูมิของผลมังคุดโดยใช้น้ำเย็น. สรุปผลงานวิจัยและรายงานผลงานวิจัยก้าวหน้า ประจำปีงบประมาณ 2527 "กลุ่มไม้ผล" กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

เบญจมาส รัตนชินกร, สณฑรรศน์ นันทะไชย และจงวัฒนา พุ่มหิรัญ. 2533. การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดโดยใช้สารเคลือบผิว. เอกสารประกอบการประชุมแถลงผลงานวิจัย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

ประสิทธิ์ อติวีระกุล. 2527. เทคโนโลยีของผลไม้และผัก. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา.

พิพัฒน์ เชี่ยงหลิว. 2530. โรคมังคุด. ฐานเกษตรกรรม 5(55) : 55-61.

พีรเดช ทองอำไพ. 2529. การสุกของผลไม้. ใน ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์ : แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. ไดนามิคการพิมพ์ กรุงเทพฯ. หน้า 64-74.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2531. สถิติสำหรับการวิจัยทางเกษตร. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา. หน้า 95-175.

มยุรี ภาคลำเจียก และอมรรัตน์ สวัสดิทัต. 2533. คู่มือการใช้พลาสติกเพื่อการหีบห่อ. ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ.

มาโนช กูลพฤกษี. 2534. ผลกระทบของสภาพบรรยากาศที่ดัดแปลงและอุณหภูมิต่ำที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลมะม่วง (*Mangifera indica* L.)พันธุ์น้ำดอกไม้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

เรณู ขำเลิศ. 2527. การเร่งและชะลอการสุกของผลมะม่วงพันธุ์อกร่องทอง.วิทยานิพนธ์-วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(เกษตรศาสตร์) สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัย-เกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

วรรณา ตุลยธัญ, สุวรรณา สุภิมารส, อรทัย สุขเจริญ และสุภาพรรณ ดุลยพิรุฬหศิลป. 2532. การสกัดแอนโธไซยานินส์จากเปลือกมังคุด. อาหาร 19: 25-32.

วัลลภา ธีรภาวะ, ภคินี อัครเวสสะพงศ์, ถนอม สุขเจริญ, วารุณี ธนะแพสย์ และดารา พวงสุวรรณ. 2524. โรคและวิธีการเก็บรักษามังคุดหลังเก็บเกี่ยว. รายงานผลการทดลองและวิจัยประจำปี 2524 กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 25.

วัลลภา ธีรภาวะ, วารุณี ปรีย์มาโนช, ชัยวัฒน์ กระตุกษ์ และดารา พวงสุวรรณ. 2529. การศึกษาวิธีการปรับปรุงคุณภาพของมังคุดเพื่อการส่งออก. รายงานผลงานวิจัย กลุ่มงานวิจัยโรคพืชผลิตผลเกษตร กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 50-68.

วัลลภา ธีรภาวะ. 2530. โรคภายหลังการเก็บเกี่ยวของมังคุดและการป้องกันกำจัด. เอกสารประกอบการบรรยายผลการฝึกอบรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของพืชสวน. กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

สณทรรศน์ นันทะไชย , เบญจมาส รัตนชินกร และจงวัฒนา พุ่มหิรัญ. 2530. การยืดอายุการเก็บรักษามังคุดโดยใช้สารเคลือบผิว. เอกสารประกอบการประชุมแถลงผลงานวิจัย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 153.

สณทรรศน์ นันทะไชย, เบญจมาส รัตนชินกร, จงวัฒนา พุ่มหิรัญ และธนะชัย พันธ์เกษมสุข. 2532. แนวทางการแยกมังคุดที่เป็นเนื้อแก้วออกจากมังคุดปกติ. เอกสารประกอบการประชุมแถลงผลงานวิจัยสถาบันวิจัยพืชสวน สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 68.

สณทรรศน์ นันทะไชย, จำลอง เจตนจิต, เบญจมาส รัตนชินกร และจงวัฒนา พุ่มหิรัญ. 2533 ก. ผลของเมทธิลโบรไมด์ที่มีต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพของมังคุด. เอกสารประกอบการประชุมแถลงผลงานวิจัย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 62.

สณทรรศน์ นันทะไชย, เบญจมาส รัตนชินกร, พวงผกา คมสัน และจงวัฒนา พุ่มหิรัญ. 2533 ข. ผลการฉายรังสีที่มีต่ออายุการเก็บและคุณภาพของมังคุด. เอกสารประกอบการประชุมแถลงผลงานวิจัย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. หน้า 63.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2529. ดัชนีแสดงระดับสีของผลมังคุด. เอกสารเผยแพร่ ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2531 ก. การศึกษาการใช้ประโยชน์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการเก็บรักษาผักและผลไม้สดเพื่อการส่งออก ฉบับที่ 8 การเก็บรักษามังคุด. การวิจัยเสนอการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. 2531 ข. การศึกษาการใช้ประโยชน์จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการเก็บรักษาผักและผลไม้สดเพื่อการส่งออก ฉบับที่ 1 สรุปผล. การวิจัยเสนอการบิโตรเลียมแห่งประเทศไทย ห้องปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กรุงเทพฯ.

สมโภชน์ น้อยจินดา. 2535. ผลของสภาพบรรยากาศดัดแปลงที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลมังคุด (*Garcinia mangostana* L.). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร-มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคใต้. 2530. ผลการศึกษาการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวมังคุดของเกษตรกรในภาคใต้. งานพืชสวน ฝ่ายฝึกนิเทศ สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคใต้ สงขลา.

สุนทร โปทา,สายชล เกตุษา และจารุพันธ์ ทองแถม. 2530. อิทธิพลของอุณหภูมิและภาชนะบรรจุที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลทับทิม. ว.เกษตรศาสตร์(วิทย.) 21(4): 328-333.

สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2529. วิทยาการการเก็บเกี่ยวและภายหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วง. ใน เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร"มะม่วง". กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2531. การปฏิบัติก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวมังคุดเพื่อการส่งออก. เอกสารประกอบการบรรยายในการฝึกอบรม การปรับปรุงผลผลิตไม้ผลเพื่อการส่งออก ณ ห้องประชุมศูนย์วิจัยยางสงขลา อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา. 20-22 มิถุนายน 2531. 17 หน้า.

สุรพงษ์ โกสิยะจินดา และสุมาลี ตันศิริยากุล. 2531. การหายใจและการผลิตแก๊สเอทธิลีนของผลิตผลพืชสวนสด. อาหาร 18(1): 1-10.

สุรพงษ์ โกสิยะจินดา. 2534. การบ่มผลไม้. ใน เอกสารประชุมเชิงปฏิบัติการเรื่องชีวเคมีทางการเกษตร. 7-9 พฤกษภาคม 2534 ณ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

หลวงบุเรศบำรุงการ. 2518. การปลูกมังคุดและละมุดฝรั่ง. สำนักพิมพ์แพร่วิทยา กรุงเทพฯ. หน้า 1-80.

องค์อร วิรยศิริ และสุมาลี พันธุ์พิพัฒน์. 2510. การทดลองเก็บมังคุดสุกไว้ในอุณหภูมิต่างๆ กัน. กสิกร 40(5): 439-443.

อนวัช สุวรรณทุล. 2531. หลักการทั่วไปของการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักผลไม้และไม้ดอกเพื่อการส่งออก. ใน เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้เพื่อการส่งออก (รวมเล่มเอกสารประกอบการอบรม / สัมมนา) ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน กรุงเทพฯ. หน้า 67-78.

อมรรัตน์ สวัสดิทัต. 2531. การบรรจุผักและผลไม้เพื่อควบคุมสภาวะอากาศ. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง "หีบห่อมาตรฐานเพื่อการส่งออกผักผลไม้ไทย" ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยร่วมกับบริษัทการบินไทย จำกัด และบริษัทสยามบรรจุภัณฑ์ จำกัด ณ โรงแรมอิมพีเรียลกรุงเทพฯ. 17 มีนาคม 2531. หน้า 67-80.

อัญชลี เมืองเจริญ. 2531. คุณสมบัติทางกายภาพ-เคมี และการบ่มผลมะม่วงพันธุ์แก้วลืมรัง. ปัญหาพิเศษบริญญาโท สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

อาชว์ เตาลานนท์. 2530. มังคุด. โครงการศึกษาการใช้วิทยาการที่เหมาะสมสำหรับผักสดและผลไม้สดเพื่อการส่งออก บริษัทการจัดการเกษตรและอุตสาหกรรม จำกัด. กันยายน 2530. หน้า 190-195.

Abeles, F.B. 1973. Ethylene in plant biology. Academic Press, New York. Cited by: Kader,A.A. 1980. Prevention of ripening in fruits by use of controlled atmospheres. Food Technol. 34(3): 51-54.

Anon. 1969. Properties of basic packaging films. Modern Packaging, Encyclopedia Issue 42(72): 172-173. Cited by : Hardenburg, R.E. 1971. Effect of in-package environment on keeping quality of fruits and vegetables. HortScience 6(3): 198-201.

A.O.A.C. 1990. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists 15th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Inc. Virginia.

Augustin, M.A. and Azudin, M.N. 1986. Storage of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). ASEAN Food J. 2(2): 78-80.

Bailey, L.H. 1953. Mangosteen.In The standard cyclopedia of horticulture Vol.2. The Macmillan Co., New York. pp.1989-1990.

B.B. Group Trading. 2533. มังคุดเพื่อการส่งออก. เอกสารเผยแพร่ บริษัท B.B. Group Trading จำกัด กรุงเทพฯ.

Berg, L.V.D. and Lentz, C.P. 1978. High humidity storage of vegetables and fruits. HortSience 13(5): 565-569.

Biale, J.B. ang Young, R.E. 1981. Respiration and ripening in fruit-restrospect and prospect. In Recent advances in the biochemistry of fruits and vegetables. Friend J. and Rhodes,M.J.C.(eds). Academic Press, New York. pp.1-39. อ้างโดย สายชล เกตุษา. 2528. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. หน้า 113.

Brecht,P.E. 1980. Use of controlled atmospheres to retard deterioration of produce. Food Technol. 34(3): 45-50.

Briston, J.H. 1980. Rigid plastics packaging. In Developments in food packaging-1. Palling, S.J. (ed). Applied Science puplishers, Ltd. London. pp 27-53.

Chaplin, G.R.,Graham,D. and Cole, S.P. 1986. Reduction of chilling injury in mango fruit by storage in polyethylene bags. ASEAN Food J. 2(3 & 4): 139-142.

Coronel, E.R. 1983. Promising fruits of the Philippines. Collage of Agriculture, Univ. of Philippines. Los Banos. pp.307-321.

Faragher, J.D. and Brohier, R.L. 1984. Anthocyanin accumulation in apple skin during ripening : regulation by ethylene and phenylalanine ammonia-lyase. Scientia Hortic. 89-96.

Floros, J.D. 1990. Controlled and modified atmospheres in food packaging and storage. Chem. Eng. Prog. 86(6): 25-32.

Goodman, R.N., Karaly, Z. and Zaitlin, M. 1967. The biochemistry and physiology of infectious plant diseases. D. Van Nostrand Co.Inc., Princeton,New Jersey. 354 pp. อ้างโดย กวิศน์ วานิชกุล. 2522. การเจริญเติบโตของผลมังคุดและดัชนีการเก็บเกี่ยวและการเปลี่ยนแปลงหลังเก็บเกี่ยวของผลมังคุด. ปัญหาพิเศษปริญญาโท ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

Gortner, W.A., Dull, G.G. and Krauss, B.H. 1967. Fruit development, maturation, ripening and senescence : a biochemical basis for horticultural terminology. HortScience 2(4): 141-144.

Hardenburg, R.E.1971. Effect of in-package environment on keeping quality of fruits and vegetables. HortSciece 6(3): 198-201.

Intengan, C.L. et. al. 1968. Food composition table recommended for use in the Philippines. Food Nut. Res. Inst. Handb.1. Nat. Sci. Dev. Board, Manila. Cited by : Coronel, E.R. 1983. Promising fruits of the Philippines. Collage of Agriculture, Univ. of Philippines. Los Banos. pp.307-321.

Kader, A.A. 1980. Prevention of ripening in fruits by use of controlled atmospheres. Food Technol. 34(3): 51-54.

Kader, A.A. 1985. Ethylene-induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops. HortScience 20(1): 54-57.

Kader, A.A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. Food Technol. 40(5): 99-104.

Kader, A.A., Zagory, D. and Kerbel, E.L. 1988. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables.CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr. In Press. Cited by : Zagory, D. and Kader, A.A. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. Food Technol. 42(9): 70.

Kavanagh, E.E. and Wade, N.L. 1987. Role of the carrier in the removal of ethylene by permanganate from storage atmospheres. ASEAN Food J. 3(3 & 4): 128-134.

Kawamata, S. 1977. Studies on determining the sugar composition of fruits y GLC. Bull. Tokyo Agric. Expt. Stat. 10 : 53-67. Cited by : Augustin, M.A. and Azudin, M.N. 1986. Storage of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). ASEAN Food J. 2(2): 78-80.

Larmond, E. 1977. Laboratory method for sensory evaluation of food. Research Branch Canada Department of Agriculture Publication.

Liu, F.W. 1970. Storage of bananas in polyethylene bags with an ethylene absorbent. HortScience 5(1): 25-27.

Lizada, M.C.C. 1984. Ethylene removal in the transport and storage of fruits. Symposium-workshop on packinghouse operations and quality control. Medan, Indonesia. 13 pp.

Lizada, M.C.C., Uy, W.T. and Tiangco, E.L. 1987. Evaluation of locally fabricated ethylene scrubbers for use as an adjunct to modified atmosphere packaging of "saba" bananas. ASEAN Food J. 3(3 & 4): 124-127.

MacLeod, A.J. and Pieris, N.M. 1982.Volatile flavor components of mangosteen,(*Garcinia mangostana* Linn.). Phytochemistry. 21: 117-119.

Martin, F.W. 1980. Durian and mangosteen. In Tropical and subtropical fruits. Nagy, S. and Shaw, P.E. (eds). The AVI Publishing Co., Inc. Westport, conn. pp. 407-411.

Mitchell,F.G., Guillon, R. and Parsons, R.A. 1972. Commercial cooling of fruits and vegetables. Univ.Calif.Agric.Exp.st.Ext.Serv. Manual 43. 44 pp. อ้างโดย อนวัช สุวรรณทุล. 2531. หลักการทั่วไปของการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักผลไม้และไม้ดอกเพื่อการส่งออก. ใน เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้เพื่อการส่งออก (รวมเล่มเอกสารประกอบการอบรม / สัมมนา) ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน กรุงเทพฯ. หน้า 68.

Morris, L.L. 1982.Chilling injury of horticultural crops: an overview. HortScience 17(2): 161-168.

Myers, R.A. 1989. Packaging considerations for minimally processed fruits and vegetables. Food Technol. 43(2): 129-131.

New, J.H. 2526. แผ่นกระดาษลูกฟูกและการเตรียมการก่อนบรรจุในการขายปลีก. เอกสารประกอบการอบรมเรื่องการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้สด (Commercial postharvest practices of fruits and vegetables) สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยและสำนักงานเกษตรและสหกรณ์ภาคเหนือ. 27 กรกฎาคม-20 สิงหาคม 2526.

Ochse, J.J., Soule, M.J., Dijkman, M.J., and Wehburg. C. 1961. Tropical and subtropical agriculture. MacMillan Co., New York. Cited by: Coronel, E.R. 1983. Promising fruits of the Philippines. Collage of Agriculture, Univ. of Philippines. Los Banos. pp.307-321.

Patterson, M.E. 1970. The role of ripening in the affairs of mango. HortSience 5(1): 30-33.

Raman, K.R., Raman, N.V. and Sadasivam, R. 1971. A note on storage behavious of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). South Indian Horticulture. 19: 85-86. Cited by : Augustin, M.A. and Azudin, M.N. 1986. Storage of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). ASEAN Food J. 2(2): 78-80.

Ranganna, S. 1977. Manual of analysis of fruit and vegetable products. TaTa McGraw-Hill Publishing Co.,Ltd. New Delhi. pp. 1-95.

Riov, J., Monselise, S.P. and Kahan, R.S. 1969. Ethylene-controlled induction of phenylalanine ammonia-lyase in citrus fruit peel. Plant Physiol. 44(5): 631-635.

Siddappa, G.S. and Bhatia, S.S. 1954. Preservation of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). The Central Food Technol. Res. Inst. (Mysore) Bull. 3: 296.

Smith,S., Geeson,J. and Stow,J. 1987. Production of modified atmospheres in decidous fruits by the use of films and coatings. HortScience 22(3): 272.

Smock, R.M. 1979. Controlled atmosphere storage of fruits. Hort Rev.1: 301. Cited by : Brecht, P.E. 1980. Use of controlled atmospheres to retard deterioration of produce. Food Technol. 34(3): 45.

Srivasta, H.C., Singh, K.K. and Mathur, P.B. 1962. Refrigerated storage of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). Food Sci.(Mysore) 11:226-228. Cited by : Augustin, M.A. and Azudin, M.N. 1986. Storage of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). ASEAN Food J. 2(2): 78-80.

Stanton, W.R. and Howard, G.E. 1970. Fruits of Southeast Asia. Proc. Conf. Trop. and Subtrop. Fruits. London Min. of Overseas Dev., London.

Tongdee, S.C. 1972. Polyethylene bags and ethylene absorbent for delaying banana ripening. Report No.5 Applied Sci. Research Corperation of Thailand. 7 pp.

Tongdee, S.C. and Suwanagul, A. 1989. Postharvest mechanical damage in mangosteen. ASEAN Food J. 4: 151-155.

Wang, C.Y. 1982. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. HortScience 17(2): 173-186.

Watada, A.E. 1986. Effects of ethylene on the quality of fruits and vegetables. Food Technol. 40(5): 82-85.

Wills, R.H.H., Lee, T.H., Graham, D., Mc Glasson, W.B. and Hall, E.G. 1981. Postharvest : An introduction to the physiology and handling of fruits and vegetables. Westport. CT.; AVI Publ. Co., 163 pp.

Zagory, D. and Kader, A.A. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. Food Technol. 42(9): 70-77.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพของมังคุด

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธีการทำแห้งในตู้อบสุญญากาศ (Ranganna, 1977)

อุปกรณ์

1. ตู้อบสุญญากาศ
2. ภาชนะหาความชื้น
3. เดสิเคเตอร์
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีการ

ชั่งตัวอย่างเนื้อมังคุดที่สับละเอียดประมาณ 3-5 กรัม (น้ำหนักแน่นอน) ใส่ในภาชนะหาความชื้นที่มีฝาปิด นำเข้าตู้อบสุญญากาศอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยควบคุมความดันในตู้อบไม่ให้เกิน 100 มิลลิเมตรของปรอท เป็นเวลา 7-8 ชั่วโมง ปิดฝาอย่างรวดเร็ว ทำให้เย็นในเดสิเคเตอร์ และชั่งน้ำหนักทันทีเมื่อตัวอย่างเย็นลงถึงอุณหภูมิห้อง ทำการอบซ้ำจนน้ำหนักในแต่ละครั้งไม่แตกต่างกันเกิน 3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า ดัดแปลงจาก A.O.A.C. (1990)

อุปกรณ์

1. เตาเผา (Muffle furnace)
2. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ
3. เดสิเคเตอร์

วิธีการ

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง นำออกจากเตาเผาใส่ในเดสิเคเตอร์ ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

2. กระทำซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่ทราบน้ำหนัก แล้วนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3-4 ชั่วโมง จนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาวหรือสีเทาอ่อน

4. นำออกจากเตาเผาใส่ในเดสิเคเตอร์ ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักแล้วนำกลับไปเผายีกประมาณ 30 นาที กระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา}}$$

3. **การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน** ดัดแปลงจาก A.O.A.C. (1990)

อุปกรณ์

1. ขวดย่อยโปรตีน (kjeldahl flask) ขนาด 250-300 มิลลิลิตร
2. อุปกรณ์ให้ความร้อน (heating mantle)
3. อุปกรณ์กลั่นโปรตีน (semi-microdistillation apparatus)
4. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 100 มิลลิลิตร
5. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร
6. ปิเปต (transfer pipett) ขนาด 10 มิลลิลิตร
7. บิวเรตต์ ขนาด 25 มิลลิลิตร
8. ลูกแก้ว
9. กระดาษกรอง

สารเคมีและการเตรียม

1. สารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$)และโปตัสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) อัตราส่วน 1:1

2. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4)

3. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 60

- ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 600 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

4. กรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4

- ชั่งกรดบอริก 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

5. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.02 นอร์มอล

- ตวงกรดไฮโดรคลอริก 1.8 มิลลิลิตร ผสมในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร และหาความเข้มข้นมาตรฐานของกรดไฮโดรคลอริกด้วยโซเดียมเทตราบอเรต ($Na_2B_4O \cdot 10H_2O$)

6. อินดิเคเตอร์ (สารผสมระหว่างเมทิลเรด เมทิลีนบลู และโบรมครีซอลกรีน)

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างแห้งที่ผ่านการอบหาความชื้นแล้วบนกระดาษกรอง ให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1 กรัม ห่อให้มิดชิดใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน

2. ใส่สารผสม $CuSO_4$ และ K_2SO_4 5 กรัม

3. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร

4. ใส่ลูกแก้ว

5. ย่อยบนอุปกรณ์ให้ความร้อน จนกระทั่งได้สารละลายใส

6. ปล่อยทิ้งให้เย็น

7. เติมน้ำกลั่นร้อนลงไปล้างบริเวณคอขวดให้ทั่ว

8. ย่อยต่อจนกระทั่งหมดควัน

9. ทิ้งให้เย็นแล้วถ่ายลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ใช้น้ำกลั่นล้างขวดย่อยให้หมดสารละลายตัวอย่าง แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

10. จัดอุปกรณ์กลั่น แล้วเปิดสวิทช์ไฟและน้ำหล่อเย็นเครื่องควบแน่น

11. นำขวดรูปชมพู่ขนาด 100 มิลลิลิตร ที่บรรจุกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ผสมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และเติมอินดิเคเตอร์เรียบร้อยแล้วไปรองรับของเหลวที่กลั่นได้ โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดนี้

12. ไปเปตสารละลายตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ใส่ในช่องใส่ตัวอย่าง

13. เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 60 ปริมาณ 20 มิลลิลิตร ลงในช่องใส่ตัวอย่าง

14. กลั่นประมาณ 10 นาที

15. ไทเทรตสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.02 นอร์มอล จนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีม่วง

16. ทำ blank ตามข้อ 1-15 โดยไม่ใส่ตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(A-B) \times N \times 14 \times 6.25}{W}$$

A = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตกับตัวอย่าง

B = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตกับ blank

N = นอร์มอลของกรดไฮโดรคลอริก

W = น้ำหนักตัวอย่างสด

4. **การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน** ดัดแปลงจาก A.O.A.C. (1990)

อุปกรณ์

1. ชุดสกัดไขมัน (soxhlet apparatus) ซึ่งประกอบด้วย ซอคเลต (soxhlet), เครื่องควบแน่น (condenser), ขวดกลมสำหรับใส่ตัวทำละลาย และเตาให้ความร้อน (heating mantle)

2. หลอดใส่ตัวอย่าง (extraction thimble)

3. สำลี

4. ตู้อบไฟฟ้า

5. เดสิเคเตอร์

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether)

วิธีการ

1. อบขวดกลมสำหรับหาปริมาณไขมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 250 มิลลิลิตร ในตู้อบไฟฟ้าทิ้งให้เย็นในเดสิเคเตอร์ และชั่งน้ำหนักให้ทราบแน่นอน

2. ชั่งตัวอย่างแห้งที่ผ่านการอบหาความชื้นแล้วบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก 5 กรัม ห่อให้มิดชิดแล้วใส่ลงในหลอดใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยสำลีเพื่อให้สารทำละลายกระจายอย่างสม่ำเสมอ

3. นำหลอดใส่ตัวอย่างใส่ลงในซอคเลต

4. ใส่ตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ประมาณ 150 มิลลิลิตร ลงในขวดหาไขมันแล้ววางบนเตา

5. ประกอบชุดสกัดไขมัน (ซอคเลตและเครื่องควบแน่น) พร้อมทั้งเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่นและเปิดสวิทช์ให้ความร้อน

6. สกัดไขมันประมาณ 14 ชั่วโมง โดยปรับความร้อนให้หยดของสารทำละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที

7. เมื่อครบ 14 ชั่วโมงแล้ว นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจากซอคเลต และกลั่นเก็บสารทำละลายจนเหลือสารละลายในขวดกลมเพียงเล็กน้อย

8. อบขวดหาไขมันในตู้อบที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส จนแห้ง ใช้เวลาประมาณ 30 นาที

9. นำออกจากตู้อบทิ้งให้เย็นในเดสิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักและอบซ้ำนานครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักขวดรวมไขมัน} - \text{น้ำหนักขวด} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างสด}}$$

5. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (จากการคำนวณ)

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต(ร้อยละ) = 100 - ปริมาณความชื้น(ร้อยละ) - ปริมาณเถ้า(ร้อยละ) - ปริมาณโปรตีน(ร้อยละ) - ปริมาณไขมัน(ร้อยละ)

6. การหาปริมาณการสูญเสียน้ำหนัก

วิธีการ

การหาปริมาณการสูญเสียน้ำหนักของมังคุดระหว่างการเก็บรักษาในบรรยากาศการเก็บรักษาแบบต่าง ๆ ทำได้โดยนำมังคุดในแต่ละชุดการทดลองมาชั่งน้ำหนักเริ่มต้นที่แน่นอนก่อนการเก็บรักษา จากนั้นนำตัวอย่างในชุดการทดลองดังกล่าวมาชั่งน้ำหนักทุก ๆ 1 สัปดาห์หลังจากเก็บรักษาตลอดช่วงของการเก็บรักษา แล้วคำนวณหาน้ำหนักที่สูญหายเป็นร้อยละ

7. การวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอบิก โดย 2,6-dichlorophenol indophenol visual titration method (Ranganna,1977)

หลักการ กรดแอสคอบิกจะรีดิวซ์ indicator dye (2,6-dichlorophenol) ให้เป็นสารที่ไม่มีสีที่จุดยุติ 2,6-dichlorophenol ที่เหลือจะปรากฏเป็นสีชมพูในสารละลายกรดแอสคอบิก โดยรักษาความเป็นกรดของปฏิกิริยา และหลีกเลี่ยงการเกิด autooxidation ของกรดแอสคอบิกที่ความเป็นกรดด่างสูง ๆ

อุปกรณ์

1. ปิเปต ขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร
2. บีกเกอร์ ขนาด 100 และ 125 มิลลิลิตร
3. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 25 และ 100 มิลลิลิตร
4. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 มิลลิลิตร
5. ไมโครบิวเรตต์ ขนาด 1 มิลลิลิตร
6. กระดาษกรองเบอร์ 4

สารเคมีและการเตรียม

1. กรดเมตาฟอสฟอริก เข้มข้นร้อยละ 3
   - ชั่งกรดเมตาฟอสฟอริก 30 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร
2. กรดแอสคอบิกมาตรฐานเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัม / มิลลิลิตร
   - ชั่ง แอล-กรดแอสคอบิก น้ำหนักแน่นอน 25 มิลลิกรัม
   - เติมกรดเมตาฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 3 และปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร

- ไปเปตสารละลายข้างต้นมา 10 มิลลิลิตร เจือจางด้วยกรดเมตาฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 3 ให้เป็น 100 มิลลิลิตร

3. สารละลายสี 2,6-dichlorophenol indophenol

- ชั่ง 2,6-dichlorphenol sodium salt 50 มิลลิกรัม

- ละลายในน้ำกลั่นต้มเดือด 150 มิลลิลิตร ซึ่งมีโซเดียมไบคาร์บอเนตอยู่ 42 กรัม

- ทำให้เย็นและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 200 มิลลิลิตร

- เก็บไว้ในตู้เย็นและปรับมาตรฐานใหม่ทุกครั้งที่ใช้

วิธีการ

1. การปรับมาตรฐานสี (หา dye factor)

- ไปเปตกรดแอสคอบิกมาตรฐาน 5 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร (ทำ 3 ซ้ำ)

- เติมกรดเมตาฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 3 ลงไป 5 มิลลิลิตร

- เติมสารละลายสี 2,6-dichlorophenol indophenol ในไมโครบิวเรตต์

- ไทเทรต กรดแอสคอบิกมาตรฐานด้วย indophenol จนเกิดสีชมพูนาน 15 วินาที อ่านปริมาตรของ 2,6-dichlorophenol indophenol ที่ใช้

- คำนวณ dye factor คือปริมาตร (มิลลิลิตร) ของกรดแอสคอบิกที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ 1 มิลลิลิตร ของ indophenol โดย

$$\text{dye factor} = \frac{0.5}{\text{ไทเทอร์}}$$

2. การเตรียมตัวอย่างมังคุด

- ชั่งเนื้อมังคุดมา 18-20 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร

- เติมกรดเมตาฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 3 ลงไป 50 มิลลิลิตร

- ปั่นใน homogenizer ความเร็ว 3000 rpm. นาน 2 นาที

- ปรับปริมาตรด้วยกรดเมตาฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 3 ให้เป็น 100 มิลลิลิตร

- กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4

3. การวิเคราะห์ปริมาณกรดแอสคอบิก

- ไปเปตตัวอย่างที่กรองแล้วมา 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร (ทำ 3 ซ้ำ)

- เติมกรดเมตาฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 3 ลงไป 5 มิลลิลิตร

- ไทเทรตด้วย indophenol จนได้สีชมพูนาน 15 วินาที (ปริมาตรที่ใช้ไม่ควรเกิน 3-5 มิลลิลิตร)

- ไทเทรต blank โดยใช้กรดเมตาฟอสฟอริกเข้มข้นร้อยละ 3 แทนตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณกรดแอสคอบิก (มก./100 ก. เนื้อมังคุด)} = \frac{\text{ไทเทอร์} \times \text{dye factor} \times \text{มล.ที่ปรับ} \times 100}{\text{มล.ตัวอย่างที่ใช้} \times \text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

8. **การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก** โดยการไทเทรตกับสารละลายด่างมาตรฐาน 0.1 นอร์มอล (Ranganna, 1977)

สารเคมีและการเตรียม

1. ฟีนอฟทาลีน ใช้เป็นอินดิเคเตอร์

2. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 นอร์มอล

- ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัม ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร และหาความเข้มข้นมาตรฐานของโซเดียมไฮดรอกไซด์ด้วยโปตัสเซียมแอซิด-พาทาเลท ($KHC_8H_4O_4$)

วิธีการ

ไปเปตตัวอย่างน้ำมังคุด 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 50 มิลลิลิตร ทำการไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน 0.1 นอร์มอล

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (ร้อยละ)} = \frac{\text{ไทเทอร์} \times N \times 64 \times 100}{\text{มล. ของตัวอย่าง} \times 1000}$$

เมื่อ N = นอร์มอลของโซเดียมไฮดรอกไซด์

9. **การวัดค่าความเป็นกรดด่าง** ด้วยพีเอชมิเตอร์

วิธีการ

นำตัวอย่างน้ำมังคุดที่ผ่านการคั้นและกรองด้วยผ้าขาวบาง วัดค่าความเป็นกรดด่างด้วยพีเอชมิเตอร์ที่ผ่านการปรับด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน พีเอช 4.0 และ 7.0

10. **การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด** ด้วย Hand refractometer

วิธีการ

นำตัวอย่างน้ำมังคุดที่ผ่านการคั้นและกรองด้วยผ้าขาวบาง วัดด้วย Hand refractometer อ่านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในหน่วยองศาบริกซ์

11. **การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด** โดย Lane and Eynon volumetric method (ดัดแปลงจาก A.O.A.C., 1990)

อุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร
2. บิเปต ขนาด 5 และ 10 มิลลิลิตร
3. บิวเรตต์ ขนาด 25 มิลลิลิตร
4. ขวดปรับปริมาตร ขนาด 250 และ 500 มิลลิลิตร
5. เตาให้ความร้อน (hot plate)
6. กระดาษกรองเบอร์ 1 และเบอร์ 4

สารเคมีและการเตรียม

1. สารละลายเฟ-ลิง A
   - ชั่งคอปเปอร์ซัลเฟต เพนตาไฮเดรต ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) 69.28 กรัม
   - ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร
   - กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4
2. สารละลายเฟ-ลิง B
   - ชั่งโปตัสเซียมโซเดียมทาเทรต เตตราไฮเดรต ($KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$) หนัก 346 กรัม

- ละลายในน้ำกลั่น
- เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 100 กรัม
- ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1 ลิตร

3. Methylene blue เข้มข้นร้อยละ 1

- ละลาย methylene blue 1 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

4. Neutral lead acetate solution เข้มข้นร้อยละ 10

- ละลาย neutral lead acetate 50 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร

5. Potassium oxalate solution เข้มข้นร้อยละ 10

- ละลาย potassium oxalate 50 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร

6. Standard dextrose solution

- ชั่ง pure anhydrous dextrose ให้ได้น้ำหนักแน่นอน 1.5 กรัม
- ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร

<u>วิธีการ</u>

1. การหาค่ามาตรฐานสารละลายเฟ-ลิง

การหาค่ามาตรฐานใช้ Incremental method หรือ Preliminary method และ Standard method หรือ Accurate method ดังนี้

1.1 Preliminary method

- ไปเปตสารละลายเฟ-ลิง A และ B มาอย่างละ 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
- ใส่สารละลาย dextrose จากบิวเรตต์ 15 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและต้มให้เดือดโดยเร็ว นาน 15 วินาที
- เติม methylene blue 1-2 หยด (ถ้าไม่เกิดสีน้ำเงินแสดงว่า dextrose มากเกินไป) ไทเทรตจนสีน้ำเงินหายไป ขณะไทเทรตภายในขวดรูปชมพู่ต้องเดือดและเขย่าให้เข้ากันตลอดเวลา

- อ่านปริมาตรของ dextrose (มิลลิลิตร) ที่ใช้

1.2 Accurate method

- ไปเปตสารละลายเฟ-ลิง A และ B มาอย่างละ 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

- ใส่สารละลาย dextrose จากบิวเรตต์ ลงในขวดรูปชมพู่ ให้ปริมาตรน้อยกว่าจุดยุติประมาณ 1 มิลลิลิตร

- เขย่า ต้มให้เดือดโดยเร็ว และสม่ำเสมอนาน 2 นาที

- เติม methylene blue 1-2 หยด

- ไทเทรต โดยปล่อยครั้งละ 2-3 หยด ให้ถึงจุดยุติภายในเวลา 1 นาที (ขณะไทเทรต สารละลายในขวดรูปชมพู่ต้องเดือดตลอดเวลา และเขย่าให้เข้ากันเสมอ)

- อ่านปริมาตรของ dextrose (มิลลิลิตร) ที่ใช้

- คำนวณค่า factor ของสารละลายเฟ-ลิง ดังนี้

Factor = titer volume x g. dextrose ใน 1 มล.

2. การหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

2.1 การหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

- ไปเปตน้ำมังคุดที่กรองแล้วมา 20 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นเล็กน้อย ต้มใน water bath อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง

- เติมสาร neutral lead acetate เข้มข้นร้อยละ 10 ลงไป 2 มิลลิลิตร เขย่าและทิ้งไว้ 10 นาที

- เติม potassium oxalate เข้มข้นร้อยละ 10 ลงไป 0.9 มิลลิลิตร

- ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 250 มิลลิลิตร

- กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 4 (ตัวอย่างที่กรองได้แบ่งส่วนหนึ่งไว้สำหรับวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด)

- นำไปไทเทรตตามวิธีในข้อ 1

- อ่านปริมาตรของน้ำผลไม้ตัวอย่าง (มิลลิลิตร) ที่ใช้

2.2 การหาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด

- ไปเปตตัวอย่างที่กรองได้จากข้อ 2.1 มา 20 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
- เติม HCl (1+1) ลงไป 5 มิลลิลิตร
- นำไปอุ่นใน water bath อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที
- ทำให้เย็น และทำให้เป็นกลางด้วย 1 นอร์มอลของ NaOH
- ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 มิลลิลิตร
- นำไปไทเทรตตามวิธีในข้อ 1

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์, น้ำตาลทั้งหมด (ร้อยละ)} = \frac{\text{Factor} \times \text{ปริมาณเจือจาง} \times 100}{\text{ไทเทอร์} \times \text{ปริมาตรตัวอย่าง}}$$

ภาคผนวก ข. แบบทดสอบชิม Hedonic Rating Method

ชื่อ, นามสกุล.....เพศ.....

วัน, เดือน, ปี.....เวลา.....

ชุดการทดลองที่.....

กรุณาชิมตัวอย่างมังคุดเหล่านี้ เพื่อทดสอบการยอมรับด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และคุณลักษณะรวม โดยให้ระดับคะแนนตามความหมายต่อไปนี้

ระดับคะแนน	ความหมาย
9	ชอบมากที่สุด
8	ชอบมาก
7	ชอบปานกลาง
6	ชอบเล็กน้อย
5	เฉย ๆ
4	ไม่ชอบเล็กน้อย
3	ไม่ชอบปานกลาง
2	ไม่ชอบมาก
1	ไม่ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง ลักษณะ										
สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส คุณลักษณะรวม										

ข้อเสนอแนะ.....

.....

ภาคผนวก ค. ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนระดับสีผิวผลมังคุดระหว่างการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างกันที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง

ระดับสีผิวมังคุด	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	df ของชุดการทดลอง	F-value
1	1	5	32.80**
	2	5	61.60**
	3	3	227.67**
	4	2	57.00**
	5	1	1.00ns (T-test)
2	1	5	93.20**
	2	5	75.60**
	3	3	51.33**
	4	2	0.50ns
	5	1	0.90ns (T-test)
3	1	5	61.93**
	2	5	25.13**
	3	3	38.00**
	4	1	0.90ns (T-test)
	5	1	0.90ns (T-test)

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความสดของกลีบเลี้ยงผลมังคุดระหว่างการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างกันที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง

ระดับสีผิวมังคุด	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	df ของชุดการทดลอง	F-value
1	1	5	6.80^{*}
	2	5	23.53^{**}
	3	3	32.67^{**}
	4	2	6.20^{ns}
	5	1	1.00^{ns} (T-test)
2	1	5	9.13^{**}
	2	5	39.20^{**}
	3	3	75.67^{**}
	4	2	21.00^{*}
	5	1	1.00^{ns} (T-test)
3	1	5	7.50^{*}
	2	5	11.90^{**}
	3	3	75.67^{**}
	4	1	1.00^{ns} (T-test)
	5	1	0.00^{ns} (T-test)

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสูญเสียน้ำหนักของผลมังคุดระหว่างการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างกันที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง

ระดับสีผิวมังคุด	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	df ของชุดการทดลอง	F-value
1	1	5	36.01**
	2	5	164.37**
	3	3	64.29**
	4	2	83.31**
	5	1	0.75ns (T-test)
2	1	5	24.88**
	2	5	302.09**
	3	3	5943.55**
	4	2	2743.88**
	5	1	2.00ns (T-test)
3	1	5	81.91**
	2	5	272.74**
	3	3	359.10**
	4	1	2.00ns (T-test)
	5	1	0.33ns (T-test)

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับด้านสีของเนื้อมังคุดระหว่างการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างกันที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง

ระดับสีผิวมังคุด	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	df ของชุดการทดลอง	F-value
1	1	5	47.59^{**}
	2	5	34.33^{**}
	3	3	12.65^{**}
	4	2	9.24^{**}
	5	1	18.61^{**} (T-test)
2	1	5	< 1
	2	5	8.36^{**}
	3	3	1.50^{ns}
	4	2	4.44^{*}
3	1	5	< 1
	2	4	12.08^{**}
	3	3	1.95^{ns}
	4	1	0.01^{ns} (T-test)
	5	1	4.55^{*} (T-test)

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสของเนื้อมังคุดระหว่างการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างกันที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง

ระดับสีผิวมังคุด	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	df ของชุดการทดลอง	F-value
1	1	5	29.97^{**}
	2	5	53.75^{**}
	3	3	7.32^{**}
	4	2	6.50^{**}
	5	1	4.97^{*} (T-test)
2	1	5	2.77^{*}
	2	5	25.71^{**}
	3	3	1.22^{ns}
	4	2	3.52^{*}
3	1	5	1.08^{ns}
	2	4	15.02^{**}
	3	3	5.85^{**}
	4	1	0.38^{ns} (T-test)
	5	1	7.08^{*} (T-test)

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อมังคุดระหว่างการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างกันที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง

ระดับสีผิวมังคุด	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	df ของชุดการทดลอง	F-value
1	1	5	44.69**
	2	5	45.57**
	3	3	11.08**
	4	2	7.49**
	5	1	21.55** (T-test)
2	1	5	2.51*
	2	5	17.70**
	3	3	2.18ns
	4	2	3.54*
3	1	5	2.16ns
	2	4	11.30**
	3	3	12.92**
	4	1	0.55ns (T-test)
	5	1	8.26* (T-test)

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับด้านคุณลักษณะรวมของเนื้อมังคุดระหว่างการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศต่างกันที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง

ระดับสีผิวมังคุด	ระยะเวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	df ของชุดการทดลอง	F-value
1	1	5	41.32^{**}
	2	5	51.63^{**}
	3	3	12.70^{**}
	4	2	5.73^{**}
	5	1	24.52^{**} (T-test)
2	1	5	1.86^{ns}
	2	5	36.70^{**}
	3	3	2.21^{ns}
	4	2	4.04^{*}
3	1	5	1.11^{ns}
	2	4	18.90^{**}
	3	3	8.42^{**}
	4	1	0.24^{ns} (T-test)
	5	1	5.03^{*} (T-test)

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนระดับสีผิวผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ แตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา

SV	df	SS	MS	F-value
Treatment	71	121.47	1.72	61.76**
ปริมาณ $KMnO_4$ (D)	2	0.07	0.03	1.69ns
การลดอุณหภูมิ (C)	1	0.12	0.12	4.00*
ระดับสีผิว (B)	2	81.73	40.87	1471.19**
อายุการเก็บรักษา (A)	3	35.86	11.95	430.33**
D x C	2	0.00	0.00	< 1
D x B	4	0.13	0.03	1.19ns
D x A	6	0.17	0.03	1.02ns
C x B	2	0.48	0.24	8.69**
C x A	3	0.17	0.06	2.00ns
B x A	6	1.75	0.29	10.52**
D x C x B	4	0.01	0.00	< 1
D x C x A	6	0.09	0.02	< 1
D x B x A	12	0.34	0.03	1.02ns
C x B x A	6	0.36	0.06	2.19ns
D x C x B x A	12	0.19	0.02	< 1
Error	72	2.00	0.03	
Total	143	123.47		

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนความสดของกลีบเลี้ยงผลมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ แตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา

SV	df	SS	MS	F-value
Treatment	71	69.79	0.98	22.65**
ปริมาณ $KMnO_4$ (D)	2	0.05	0.02	< 1
การลดอุณหภูมิ (C)	1	6.04	6.04	139.24**
ระดับสีผิว (B)	2	0.07	0.03	< 1
อายุการเก็บรักษา (A)	3	54.26	18.09	416.68**
D x C	2	0.11	0.05	1.24ns
D x B	4	0.79	0.20	4.54**
D x A	6	0.26	0.04	1.00ns
C x B	2	0.32	0.16	3.64*
C x A	3	2.05	0.68	15.72 **
B x A	6	2.07	0.35	7.96**
D x C x B	4	2.27	0.07	1.54ns
D x C x A	6	0.11	0.02	< 1
D x B x A	12	0.74	0.06	1.42ns
C x B x A	6	2.16	0.36	8.28**
D x C x B x A	12	0.51	0.04	< 1
Error	72	3.13	0.04	
Total	143	72.91		

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการสูญเสียน้ำหนักของผลมังคุดระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ แตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา

SV	df	SS	MS	F-value
Treatment	53	1.77	0.03	7.07**
ปริมาณ $KMnO_4$ (D)	2	0.02	0.01	1.60ns
การลดอุณหภูมิ (C)	1	0.02	0.02	3.28ns
ระดับสีผิว (B)	2	0.02	0.01	2.28ns
อายุการเก็บรักษา (A)	2	1.33	0.67	141.33**
D x C	2	0.05	0.02	5.01*
D x B	4	0.02	0.01	1.32ns
D x A	4	0.00	0.00	< 1
C x B	2	0.11	0.05	11.25**
C x A	2	0.06	0.03	6.86**
B x A	4	0.01	0.00	< 1
D x C x B	4	0.02	0.01	1.17ns
D x C x A	4	0.03	0.01	1.33ns
D x B x A	8	0.03	0.00	< 1
C x B x A	4	0.03	0.01	1.79ns
D x C x B x A	8	0.01	0.00	< 1
Error	54	0.25	0.00	
Total	107	2.02		

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณผลเสียของมังคุดระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ แตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา

SV	df	SS	MS	F-value
Treatment	53	112340.74	2119.64	50.31**
ปริมาณ $KMnO_4$ (D)	2	72.69	36.34	< 1
การลดอุณหภูมิ (C)	1	1771.37	7170.37	170.20**
ระดับสีผิว (B)	2	7722.69	3861.34	91.65**
อายุการเก็บรักษา (A)	2	84097.69	42048.84	998.08**
D x C	2	42.13	21.07	< 1
D x B	4	112.04	28.01	< 1
D x A	4	32.87	8.22	< 1
1 x B	2	14.35	7.18	< 1
C x A	2	6183.80	3091.90	73.39**
B x A	4	4982.87	1245.72	29.57**
D x C x B	4	48.15	12.04	< 1
D x C x A	4	16.20	4.05	< 1
D x B x A	8	182.41	22.80	< 1
C x B x A	4	1543.98	386.00	9.16**
D x C x B x A	8	118.52	14.82	< 1
Error	54	2275.00	42.13	
Total	107	114615.74		

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับด้านสีของเนื้อมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ แตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา

SV	df	SS	MS	F-value
คะแนนการยอมรับด้านสีของเนื้อมังคุดหลังการเก็บเกี่ยว (0 สัปดาห์)				
Treatment	17	1003.60	59.04	130.65**
ปริมาณ $KMnO_4$ (C)	2	0.00	0.00	< 1
การลดอุณหภูมิ (B)	1	0.00	0.00	< 1
ระดับสีผิว (A)	2	1003.60	501.80	1110.54**
C x B	2	0.00	0.00	< 1
C x A	4	0.00	0.00	< 1
B x A	2	0.00	0.00	< 1
C x B x A	4	0.00	0.00	< 1
Error	162	73.20	0.45	
Total	179	1076.80		
คะแนนการยอมรับด้านสีของเนื้อมังคุดหลังการเก็บรักษา 4 สัปดาห์				
Treatment	17	116.89	6.88	5.61**
ปริมาณ $KMnO_4$ (C)	2	0.21	0.11	< 1
การลดอุณหภูมิ (B)	1	0.05	0.05	< 1
ระดับสีผิว (A)	2	114.18	57.09	46.59**
C x B	2	1.03	0.52	< 1
C x A	4	1.16	0.29	< 1
B x A	2	0.13	0.07	< 1
C x B x A	4	0.13	0.03	< 1
Error	162	198.50	1.23	
Total	179	315.39		

ตารางผนวกที่ 12 (ต่อ)

SV	df	SS	MS	F-value
<u>คะแนนการยอมรับด้านสีของเนื้อมังคุดหลังการเก็บรักษา 5 สัปดาห์</u>				
Treatment	17	84.16	4.95	5.67**
ปริมาณ $KMnO_4$ (C)	2	1.41	0.71	< 1
การลดอุณหภูมิ (B)	1	2.94	2.94	3.36ns
ระดับสีผิว (A)	2	72.41	36.21	41.45**
C x B	2	0.14	0.07	< 1
C x A	4	1.39	0.35	< 1
B x A	2	1.08	0.54	< 1
C x B x A	4	4.79	1.20	1.37ns
Error	162	141.50	0.87	
Total	179	225.66		
<u>คะแนนการยอมรับด้านสีของเนื้อมังคุดหลังการเก็บรักษา 6 สัปดาห์</u>				
Treatment	8	22.80	2.85	2.96**
Error	81	78.10	0.96	
Total	89	100.90	1.13	

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสของเนื้อมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ แตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา

SV	df	SS	MS	F-value
คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสของเนื้อมังคุดหลังการเก็บเกี่ยว (0 สัปดาห์)				
Treatment	17	943.60	55.51	71.71**
ปริมาณ $KMnO_4$ (C)	2	0.00	0.00	< 1
การลดอุณหภูมิ (B)	1	0.00	0.00	< 1
ระดับสีผิว (A)	2	943.60	471.80	609.50**
C x B	2	0.00	0.00	< 1
C x A	4	0.00	0.00	< 1
B x A	2	0.00	0.00	< 1
C x B x A	4	0.00	0.00	< 1
Error	162	125.40	0.77	
Total	179	1069.00		
คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสของเนื้อมังคุดหลังการเก็บรักษา 4 สัปดาห์				
Treatment	17	72.70	4.57	2.94**
ปริมาณ $KMnO_4$ (C)	2	0.84	0.42	< 1
การลดอุณหภูมิ (B)	1	0.02	0.02	< 1
ระดับสีผิว (A)	2	74.74	37.37	24.01**
C x B	2	1.24	0.62	< 1
C x A	4	0.22	0.06	< 1
B x A	2	0.27	0.14	< 1
C x B x A	4	0.36	0.09	< 1
Error	162	252.20	1.56	
Total	179	329.91		

ตารางผนวกที่ 13 (ต่อ)

SV	df	SS	MS	F-value
<u>คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสของเนื้อมังคุดหลังการเก็บรักษา 5 สัปดาห์</u>				
Treatment	17	53.65	3.16	2.31^{**}
ปริมาณ $KMnO_4$ (C)	2	0.30	0.15	< 1
การลดอุณหภูมิ (B)	1	1.61	1.61	1.18^{ns}
ระดับสีผิว (A)	2	39.90	19.95	14.63^{**}
C x B	2	0.21	0.11	< 1
C x A	4	4.70	1.18	< 1
B x A	2	3.34	1.67	1.23^{ns}
C x B x A	4	3.59	0.90	< 1
Error	162	220.90	1.36	
Total	179	274.55		
<u>คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสของเนื้อมังคุดหลังการเก็บรักษา 6 สัปดาห์</u>				
Treatment	8	29.76	3.72	2.42^{*}
Error	81	124.70	1.54	
Total	89	154.46		

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ แตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา

SV	df	SS	MS	F-value
<u>คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อมังคุดหลังการเก็บเกี่ยว (0 สัปดาห์)</u>				
Treatment	17	843.60	49.62	99.99**
ปริมาณ $KMnO_4$ (C)	2	0.00	0.00	< 1
การลดอุณหภูมิ (B)	1	0.00	0.00	< 1
ระดับสีผิว (A)	2	843.60	421.80	849.90**
C x B	2	0.00	0.00	< 1
C x A	4	0.00	0.00	< 1
B x A	2	0.00	0.00	< 1
C x B x A	4	0.00	0.00	< 1
Error	162	80.40	0.50	
Total	179	924.00		
<u>คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อมังคุดหลังการเก็บรักษา 4 สัปดาห์</u>				
Treatment	17	135.16	7.95	6.14**
ปริมาณ $KMnO_4$ (C)	2	0.54	0.27	< 1
การลดอุณหภูมิ (B)	1	1.25	1.25	< 1
ระดับสีผิว (A)	2	132.21	66.11	51.07**
C x B	2	0.03	0.02	< 1
C x A	4	0.86	0.21	< 1
B x A	2	0.03	0.02	< 1
C x B x A	4	0.23	0.06	< 1
Error	162	209.70	1.29	
Total	179	344.86		

ตารางผนวกที่ 14 (ต่อ)

SV	df	SS	MS	F-value
<u>คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อมังคุดหลังการเก็บรักษา 5 สัปดาห์</u>				
Treatment	17	88.29	5.19	4.36**
ปริมาณ $KMnO_4$ (C)	2	0.48	0.24	< 1
การลดอุณหภูมิ (B)	1	1.61	1.61	1.35ns
ระดับสีผิว (A)	2	80.48	40.24	33.76**
C x B	2	0.34	0.17	< 1
C x A	4	0.59	0.15	< 1
B x A	2	2.21	1.11	< 1
C x B x A	4	2.59	0.65	< 1
Error	162	193.10	1.19	
Total	179	281.39		
<u>คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อมังคุดหลังการเก็บรักษา 6 สัปดาห์</u>				
Treatment	8	17.00	2.13	2.03ns
Error	81	85.00	1.05	
Total	89	102.00	1.15	

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับด้านคุณลักษณะรวมของเนื้อมังคุดหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาโดยใช้ปริมาณสาร $KMnO_4$ แตกต่างกันในบรรยากาศดัดแปลงที่มีการลดและไม่ลดอุณหภูมิก่อนการเก็บรักษา

SV	df	SS	MS	F-value
คะแนนการยอมรับด้านคุณลักษณะรวมของเนื้อมังคุดหลังการเก็บเกี่ยว (0 สัปดาห์)				
Treatment	17	901.20	53.01	50.22**
ปริมาณ $KMnO_4$ (C)	2	0.00	0.00	< 1
การลดอุณหภูมิ (B)	1	0.00	0.00	< 1
ระดับสีผิว (A)	2	901.20	450.60	426.88**
C x B	2	0.00	0.00	< 1
C x A	4	0.00	0.00	< 1
B x A	2	0.00	0.00	< 1
C x B x A	4	0.00	0.00	< 1
Error	162	171.00	1.06	
Total	179	1072.20		
คะแนนการยอมรับด้านคุณลักษณะรวมของเนื้อมังคุดหลังการเก็บรักษา 4 สัปดาห์				
Treatment	17	107.96	6.35	5.50**
ปริมาณ $KMnO_4$ (C)	2	0.08	0.04	< 1
การลดอุณหภูมิ (B)	1	0.67	0.67	< 1
ระดับสีผิว (A)	2	104.88	52.44	45.45**
C x B	2	0.14	0.07	< 1
C x A	4	1.16	0.29	< 1
B x A	2	0.14	0.07	< 1
C x B x A	4	0.89	0.22	< 1
Error	162	186.90	0.15	
Total	179	294.86		

ตารางผนวกที่ 15 (ต่อ)

SV	df	SS	MS	F-value
คะแนนการยอมรับด้านคุณลักษณะรวมของเนื้อมังคุดหลังการเก็บรักษา 5 สัปดาห์				
Treatment	17	81.16	4.77	4.23**
ปริมาณ $KMnO_4$ (C)	2	0.48	0.24	< 1
การลดอุณหภูมิ (B)	1	6.81	6.81	6.03*
ระดับสีผิว (A)	2	65.64	32.82	29.07**
C x B	2	0.34	0.17	< 1
C x A	4	0.89	0.22	< 1
B x A	2	4.31	2.16	1.91ns
C x B x A	4	2.69	0.67	< 1
Error	162	182.90	1.13	
Total	179	264.06		
คะแนนการยอมรับด้านคุณลักษณะรวมของเนื้อมังคุดหลังการเก็บรักษา 6 สัปดาห์				
Treatment	8	18.76	2.34	2.25*
Error	81	84.40	1.04	
Total	89	103.16	1.16	

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p<0.01$)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ